

**AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE
TUNJA Y EL MUNICIPIO DE TUTA**

STIVEN PLAZAS PULIDO

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2018**

**AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE
TUNJA Y EL MUNICIPIO DE TUTA**

STIVEN PLAZAS PULIDO

**Trabajo de grado para optar al título de
INGENIERO EN TRANSPORTE Y VÍAS**

**DIRECTOR Ing. Esp.
ÁNGELA MARITZA CRISTANCHO MOLINA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2018**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 19 de febrero de 2018

“La autoridad científica de la facultad de ingeniería reside en ella misma, por tanto, no responde por las opiniones expresadas en este proyecto de investigación”.

Se autoriza su uso y reproducción indicando su origen.

*A mis padres por enseñarme que con
dedicación y esfuerzo todo se puede,
brindándome amor y apoyo en cada
uno de mis objetivos.*

STIVEN PLAZAS PULIDO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría y fortaleza para terminar este proyecto y lograr mis metas.

A mi directora de trabajo de grado: Ingeniera Esp. Ángela Maritza Cristancho Molina por sus aportes y participación activa, además de su paciencia, disponibilidad y gentileza cada vez que requería de su asesoría.

A todas las personas que integran la Facultad de Ingeniería y en especial la Escuela de Transporte y Vías, que con su gran dedicación y esfuerzo han hecho que la carrera sea mejor cada día.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	22
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	24
1.1 MARCO TEÓRICO	24
1.1.1 Accidentes de tránsito.	24
1.1.1.1 Factores de contribución de accidentes.....	25
1.1.1.2 Ciclo de vida de un proyecto de infraestructura vial (seguridad vial).	26
1.1.2 Análisis espacial de los accidentes de tránsito.....	28
1.1.2.1 Densidad espacial.....	28
1.1.3 ASV en el mundo, orígenes y desarrollo.	30
1.1.4 ASV América Latina y el Caribe.	31
1.1.5 ASV ámbito nacional.	31
2. GENERALIDADES Y METODOLOGÍA	33
2.1 LOCALIZACIÓN DEL TRAMO	33
2.2 INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	33
2.2.1 Accidentes.....	33
2.2.2 Volúmenes.....	34
3. METODOLOGÍA DE CAMPO	36
3.1 RECORRIDO PRELIMINAR.....	38
3.2 TOMA DE VELOCIDADES.....	39
3.3 CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LA VÍA.....	40
3.4 APLICACIÓN DE LISTAS DE CHEQUEO.....	40
3.4.1 Propuestas de modificación.....	41

3.5 VISITA NOCTURNA.....	42
3.6 ENCUESTAS.....	42
3.7 GEORREFERENCIA DE HALLAZGOS	42
4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	45
4.1 GEORREFERENCIACIÓN DE ACCIDENTES	45
4.2 DENSIDAD KERNEL.....	49
4.3 OBTENCIÓN DE LOS SITIOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD	52
4.4 ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTALIDAD.....	56
4.4.1 Cantidad de accidentes por tipo de causa para cada año.....	57
4.4.2 Cantidad de accidentes por tipo de víctima para cada año..	59
4.4.3 Cantidad de accidentes para cada día de la semana por año.....	62
4.4.4 Cantidad de accidentes por mes para cada año..	63
4.4.5 Cantidad de accidentes por punto crítico..	65
4.4.6 Tipo de víctima por accidente para cada punto crítico por año.	66
4.4.7 Accidentes por día para punto crítico.	67
4.4.8 Tipo de agresor para cada accidente por punto crítico.....	70
4.4.9 Causas de accidentalidad.....	72
4.5 VELOCIDAD DE OPERACIÓN	74
4.5.1 Distribución de frecuencias.....	74
4.5.2 Velocidad media de punto o media aritmética.....	77
4.5.3 Velocidad modal.....	78
4.5.4 Velocidad mediana.....	78
4.5.5 Desviación estándar.....	79
4.5.6 Error estándar de la media.	80
4.5.7 Percentil.....	81
5. HALLAZGOS, PROPUESTAS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE LAS ASV	
84	
5.1 HALLAZGOS ESPECÍFICOS	84

5.2 HALLAZGOS GENERALES	84
6. CONCLUSIONES	121
7. RECOMENDACIONES.....	122
8. BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXOS	126

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Volúmenes para los años de estudio	34
Cuadro 2. Cronograma para el desarrollo de la ASV	38
Cuadro 3. Condiciones geométricas de la vía.....	40
Cuadro 4. Ubicación puntos críticos 2014.....	53
Cuadro 5. Ubicación de puntos críticos 2015.....	54
Cuadro 6. Ubicación puntos críticos 2016.....	55
Cuadro 7. Ubicación puntos críticos 2015.....	65
Cuadro 8. Número de intervalos según tamaño de la muestra	75
Cuadro 9. Cálculo de frecuencias	76

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Vinculo de causas potenciales de los accidentes de tránsito.....	26
Imagen 2. Ciclo de vida de un proyecto de infraestructura vial.....	27
Imagen 3. Densidad espacial.....	29
Imagen 4. Perfil de elevación del tramo en estudio	33
Imagen 5. Toma de velocidades en campo	39
Imagen 6. GPS Garmin.....	43
Imagen 7. Lugares potencialmente peligrosos representados por un circulo rojo	44
Imagen 8. Adición al basemap.....	46
Imagen 9. Adición de puntos a la capa	46
Imagen 10. Georreferencia de accidentes	47
Imagen 11. Proyección de datos.....	48
Imagen 12. Aplicación de JOIN.....	48
Imagen 13. Información base de datos.....	48
Imagen 14. Adición de parámetros a la tabla de atributos	50
Imagen 15. Adición de parámetros a la tabla de atributos	50
Imagen 16. Cálculo de la densidad.....	51
Imagen 17. Puntos críticos.....	52
Imagen 18. Hallazgo del mal estado del pavimento.....	85
Imagen 19. Hallazgo del mal estado del pavimento.....	86
Imagen 20. Diseño de giro para la intersección	87
Imagen 21. Entrada al municipio de Oicata	88
Imagen 22. Flecha de frente y de giro	89
Imagen 23. Flecha de giro	90
Imagen 24. Flechas de incorporación	91
Imagen 25. Flechas de incorporación - 2.....	92

Imagen 26. Señal restrictiva en la entrada a el municipio de Oicatá.....	93
Imagen 27. Señal restrictiva en la entrada a el municipio de Oicatá.....	94
Imagen 28. Diseño del paradero de buses	95
Imagen 29. Señal vertical paradero de buses.....	95
Imagen 30.Diseño de matriz y modulo para 80 y 90 Km/h.....	96
Imagen 31. Señal vertical paradero de buses.....	96
Imagen 32.Señalización vertical informativa y restrictiva	97
Imagen 33.Señalización vertical informativa y restrictiva	97
Imagen 34.Líneas de deseo y mal conducta de los usuarios.....	98
Imagen 35. Definición y demarcación de pasos peatonales	99
Imagen 36.Entrada al municipio de Tuta.....	100
Imagen 37.Entrada al municipio de Tuta - 2	101
Imagen 38. Diseño puente peatonal	104
Imagen 39.Vehículos transitando la vía	105
Imagen 40. Vehículos transitando la vía	106
Imagen 41. Diseño 1 de bandas alertadoras transversales	106
Imagen 42. Diseño 2 de bandas alertadores transversales	107
Imagen 43. Estado del pavimento.....	108
Imagen 44.Fallas superficiales del pavimento	109
Imagen 45. Parche presente en la vía	110
Imagen 46. Zona lateral del tramo	111
Imagen 47. Alcantarilla en el K2+210	112
Imagen 48.Alcantarilla con diseño traspasable a nivel del terreno	113
Imagen 49.Alcantarilla con diseño traspasable a nivel del terreno	113
Imagen 50. Separación de las barras de la rejilla	114
Imagen 51. Marcador sencillo	114
Imagen 52.Marcador sencillo	115
Imagen 53. Ciclistas en la vía	116
Imagen 54. Paso peatonal intersección del municipio de Combita	117
Imagen 55. Tipos de delineadores de piso	118

Imagen 56. Paso peatonal intersección del municipio de Combita	119
Imagen 57. Paso peatonal intersección del municipio de Combita	120

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. MAPAS.....	127
Anexo B. TOMA DE VELOCIDADES.....	136
Anexo C. LISTAS DE CHEQUEO.....	136
Anexo D. VIDEOS VISITA DE CAMPO	136
Anexo E. ENCUESTAS.....	136
Anexo F. BASE DE DATOS ACCIDENTALIDAD.....	136

RESUMEN

El presente proyecto “Auditoria de Seguridad Vial en el tramo comprendido entre Tunja y el municipio de Tuta” reúne para su evaluación las condiciones en materia de seguridad vial del trayecto, las ejemplifica y sustrae de manera que se evidencien los problemas que allí se tienen para ofrecer una posible solución.

La Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito de Chile presenta una metodología para la ejecución de las ASV, la cual alberga todos los parámetros necesarios para verificar los niveles de seguridad que tiene la vía para los usuarios; mediante ella y adecuándola al sector donde se encuentra la vía se realizaron los debidos procesos para completar una metodología.

Mediante la depuración de bases de datos que contenían información específica sobre los accidentes de tránsito y la manipulación de estos datos en sistemas de información geográfica se analizaron los diferentes puntos en los que se agrupan o son más frecuentes los accidentes, posterior a ello se realizaron visitas a campo en las que primero se evaluaron las condiciones generales y luego con los análisis realizados a los datos de accidentes ocurridos, visitar de forma particular cada uno de los puntos donde se agrupan los accidentes.

Además de ello se establecen hallazgos, que serán los cuales muestren las falencias que se tienen en la infraestructura que representen una amenaza para la seguridad de los usuarios, para su posterior recomendación de solución.

Palabras clave: Auditoria de Seguridad Vial, accidente, infraestructura vial, sistemas de información geográfica.

ABSTRACT

The present project "Road Safety Audit in the stretch between Tunja and the municipality of Tuta" gathers for its evaluation the road safety conditions of the route, exemplifies and subtracts them in a way that evidences the problems that are there for offer a possible solution.

The National Traffic Safety Commission of Chile presents a methodology for the execution of the ASV, which houses all the necessary parameters to verify the levels of safety that the road has for users; Through it and adapting it to the sector where the road is located, the necessary processes were carried out to complete a methodology.

By debugging databases that contained specific information on traffic accidents and the manipulation of these data in geographic information systems, the different points where accidents are grouped or more frequent were analyzed, after which visits were made to field in which first the general conditions are evaluated and then with the analyzes made to the accident data occurred, to visit in a particular way each of the points where the accidents are grouped.

In addition to this, findings are established, which will be the ones that show the shortcomings in the infrastructure that represent a threat to the safety of the users, for their subsequent recommendation of solution.

Key words: Road Safety Audit, accident, road infrastructure, geographic information systems.

GLOSARIO

Accidente: serie de circunstancias y eventos que producen la ocurrencia de alguna lesión.

Accidente con daños materiales: es aquel accidente donde solo se presentarán daños a la propiedad pública o privada, sin que esto conlleve a que resulten personas lesionadas o fallecidas.

Accidente con lesionados: es aquel accidente en el cual una o varias personas resultan lesionadas a consecuencia de un accidente.

Accidente con muertos: es el accidente donde una o más personas fallecen debido a un accidente de tránsito.

Accidente evitable: accidente en el cual el conductor no realizó todo lo razonablemente posible para evitarlo.

Accidente evitable (1): será aquel accidente que verificado mediante un análisis detallado con TIC's se puede concluir que se puede mitigar.

Adelantamiento: maniobra en la cual un vehículo pretende pasar a otro que lo antecede y que circula por igual vía o carril de tránsito.

Alcantarilla: obra de drenaje transversal de espacio abierto, cubierto con una rejilla, situado en la parte que corresponda a la calzada de la vía la cual tiene la función de dar paso rápido al agua para que no dificulte la circulación de peatones y vehículos.

Altura libre: distancia vertical entre la superficie de la calzada y un obstáculo superior.

Amenaza: causa externa de riesgo, se representa por el potencial de ocurrencia de un hecho de origen natural, que se puede dar en un lugar específico, con una duración e intensidad determinada.

Amortiguadores de impacto: dispositivos que tienen la capacidad de absorber energía, integrados a las barreras de seguridad y a otros objetos rígidos situados a los costados de las vías.

Andén: lugar a lo largo de la vía destinado al estacionamiento de vehículos de transporte para dejar o recoger pasajeros y como zona de tránsito peatonal.

Área de impacto: área que se encuentra dentro de la calzada donde se encuentran los indicios, vidrios, barro, partículas metálicas o cualquier tipo de elemento que se encuentren allí producto de un accidente de tránsito.

Arrollamiento: colisión violenta de un vehículo en movimiento contra uno o varios peatones.

Arteria vial: vía con prelación de circulación de tránsito sobre las demás vías a excepción de vías férreas y autopistas.

Auditoría: análisis sistemático y crítico que se realizan en diferentes etapas de la ejecución de un proyecto de infraestructura vial, en el cual se asegure que su trazado y funcionamiento cumpla con unos principios de seguridad, para así establecer si se requieren modificaciones de diseño para prevenir accidentes el cual lo realiza una o varias personas independientes al sistema auditado.

Autopista: vía que se diseña especialmente para que los vehículos circulen con altas velocidades de operación, sentidos de flujos aislados por medio de separadores, sin tener intersecciones a nivel y con control de accesos.

Avenida: vía con intersecciones a nivel, con acceso edificaciones laterales y presenta facilidades para los peatones.

Bache: hundimiento que se evidencia en una parte de la capa de rodadura de una estructura de pavimento.

Bahía vial: zona de transición entre el andén y la calzada, la cual se destina al estacionamiento de vehículos terrestres.

Barreras de seguridad: son aquellas que separan el tránsito. Consiguen impedir que los vehículos se salgan de la carretera, al contenerlo cuando las golpea.

Berma: zonas comprendidas entre las cunetas y los bordes de la calzada, ayudan en el confinamiento lateral de la capa de rodadura, ayudan a controlar la humedad.

Calzada: zona de la vía la cual se destina para la circulación de vehículos.

Carretera: vía diseñada para el tránsito de vehículos automotores de uso terrestre.

Carril: franja o banda de la calzada la cual se destina para la circulación, tránsito o estacionamiento de una sola fila de vehículos.

Cebra: sucesión de líneas sobre las calzadas que generan una demarcación de franja peatonal paralela a los carriles de tránsito vehicular que indica la trayectoria que debe seguir el peatón para poder atravesar la vía.

Concesión: es la acción de otorgar por parte de una entidad estatal la administración para la operación, explotación, prestación organización o gestión de un servicio público por un tiempo determinado.

Contaminación: daño o alteración que se genera al aire, agua, vegetación y suelos.

Corona: segmento de un corredor vial el cual está conformado por los carriles de circulación, bermas, cunetas y separadores.

Cuneta: zanjas que se construyen paralelamente a las bermas, destinadas a que faciliten el drenaje superficial longitudinal de la carretera.

Curva horizontal: alineamiento de proyección curva sobre el plano horizontal.

Curva vertical: alineamiento de la rasante que tiene una proyección curvilínea sobre un plano vertical.

Defensa metálica: elemento que tiene como función reducir la gravedad de los accidentes cuando un vehículo trata de salir de la vía.

Demarcación: elementos que sirven para que se diferencie un área de otra, se pueden definir mediante textura, color o cambio de material.

Distancia de percepción reacción: distancia que un vehículo recorre luego de que el conductor percibe un obstáculo y aquel en el cual el conductor acciona el freno.

Derecho de vía: franja de terreno en el cual el ancho es determinado por la autoridad y que se hace necesario para la construcción, reconstrucción, conservación, reconstrucción y ampliación para el uso adecuado de una vía.

Empalme: es la conexión que se da entre una vía y otras, acondicionada para que se dé el tránsito vehicular.

Estoperol: dispositivo el cual se ubica sobre el pavimento de manera horizontal o perpendicular al sentido de flujo de la vía, para encausar el tránsito o como reductor de la velocidad.

Infraestructura vial: conjunto de instalaciones que comprende la red carretera, los espacios de estacionamiento, sistema de drenaje, lugares de detención, puentes y pasos para peatones.

Interventor: además de realizar auditoría, busca la calidad y el valor agregado en la ejecución de un proyecto.

Nivel de servicio: condiciones operativas que aplican para el tránsito vehicular en relación con variables como velocidad, tiempo de recorrido, comodidad y seguridad vial.

Peatón: persona la cual se desplaza a pie por una vía.

Peralte: inclinación que se le da a la carretera en los tramos curvos para así contrarrestar el efecto que se presenta en el vehículo por la acción de la fuerza centrífuga.

Punto negro: la Dirección General de Tráfico de España lo define como el emplazamiento de una red de carretera en el que durante un año natural se detectan tres o más accidentes con víctimas y hay una separación entre ellos de cien metros máximo.

Seguridad vial: disciplina que estudia y busca aplicar las acciones y mecanismos que garantizan el correcto funcionamiento de la circulación en la vía pública, previniendo los accidentes de tránsito.

Señal de tránsito: marca o dispositivo físico que indicará la debida forma como deben transitar los usuarios de la vía.

Transporte: acarreo de animales, cosas o personas de un lugar a otro a través de un medio físico.

Vehículo: artefacto que opera de manera libre en el que se pueden transportar personas o bienes.

Vía: zona destinada al tránsito, en la cual los conductores, peatones o pasajeros transitan de manera libre.

INTRODUCCIÓN

Mediante este trabajo se pretende realizar una Auditoria de Seguridad Vial al tramo que comprende la ciudad de Tunja, capital del departamento de Boyacá con el municipio de Tuta, recorriendo la concesión vial (Bogotá - Tunja - Sogamoso), pretendiendo evaluar los componentes de la vía desde la perspectiva de la seguridad vial. Para ello se debe tener en cuenta que:

Cuando se habla de accidentalidad vial se entiende que compone uno de los problemas más recurrentes de salud pública por las pérdidas humanas, sociales y económicas que causa; este inconveniente se ha convertido en uno de los grandes flagelos a los que se tiene que enfrentar la vida moderna de nuestro país. Según la Organización Mundial de la Salud para el año 2016 en el mundo representa la pérdida de 1.3 millones¹ de personas por accidentes de tránsito, el Observatorio Iberoamericano de Seguridad vial para el 2008 estimaba que en América Latina y el Caribe los accidentes de tránsito son la primera causa de muerte, concluyen que puede alcanzar un costo entre el 1 y 2 % del producto interno bruto (PIB), en Colombia según el Instituto Nacional de Medicina Legal Y Ciencias Forenses y el Fondo de Prevención Vial en la serie de publicaciones “Forensis datos para la vida” se registraron 7180 muertes en el 2016, convirtiéndose en la segunda causa de muerte violenta en el país.

En Colombia es un tema difícil de abordar, en el país no hay proyectos que desde el gobierno nacional abarquen el problema de seguridad vial en el país de manera directa, aunque en Colombia el Ministerio de Transporte adoptó el Plan Nacional de Seguridad Vial, de acuerdo a los lineamientos recomendados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el Plan Mundial utilizado en el decenio de Acción para la Seguridad Vial (2011 – 2020) el cual busca disminuir los traumatismos relacionados con el tránsito; en la mayoría del territorio nacional no hay una oportuna educación en los centros de formación académica ni se permiten aplicar procesos o proyectos, que en diversos países de América Latina y Europa como Reino Unido, República Checa o Chile han dado resultados evidentes.

¹ Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. [en línea]. Disponible en la página web: http://www.capufe.gob.mx/portal/wwwCapufe/SalaDePrensa/Noticias/ConfMagistralDrEtienneKrug_280911.pdf

En la búsqueda eficiente de procesos que mitiguen estas cifras se hace relevante que “prevenir es mejor que remediar”, es decir que en lugar de esperar a evaluar y buscar estrategias sobre un punto con un número determinado de accidentes o puntos negros se debe recurrir a una búsqueda minuciosa de técnicas que identificarán y corregirán las deficiencias del proyecto antes de que ocurran fatalidades que se pueden mitigar.

Cuando se aborda el accidente, se puede evidenciar que, en la mayoría de los sucesos no se tiene certeza de la causalidad de dicho incidente, que como lo menciona Cerquera² los accidentes de tránsito no tienen una “causa única”, y es preciso entenderlos como un proceso en el que inciden diversos factores, a fin de determinar la importancia causativa de cada uno y, por consiguiente, su importancia desde el punto de vista de la prevención. Estos factores son “clave” en los análisis para buscar el motivo por el cual suceden estos siniestros, ya que el debido manejo de esta información, ofrece miles de métodos o técnicas con las que profesionales en el campo del tránsito y transporte pueden abordar el problema de manera tal que se evidencie eficazmente el problema para buscar su solución.

Teniendo en cuenta lo anterior, mediante esta monografía se pretenden desarrollar 5 numerales, en ellos se describirá paso a paso y de manera detallada el proceso con el cual se realizó la Auditoria de Seguridad Vial. Se espacializan, estructuran y depuran los datos de las muertes por accidentes de tránsito ocurridas desde el año 2014 hasta 2016, se realiza un análisis mediante la densidad Kernel, para identificar los puntos con mayor concentración de accidentes, además se presenta el trabajo realizado en campo y como se condiciona por la información previamente recolectada.

² CERQUERA, Flor. Análisis espacial de la accidentalidad vial urbana. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. 2015. P. 61.

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 MARCO TEÓRICO

Conceptos generales de seguridad vial. Según Chacón³ la seguridad vial es la suma de condiciones por las cuales las vías están libres de daños o riesgos causados por la movilidad de los vehículos. La seguridad vial se basa en normas y sistemas que permiten disminuir las posibilidades de lesiones, choques, traumatismos etc., y sus consecuencias. En Perú el Ministerio de Obras Públicas y Transportes asegura que la seguridad vial se define como la disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos tendientes a garantizar el buen funcionamiento de la circulación en la vía pública, previniendo los accidentes de tránsito.

Cerquera⁴ asegura que materializar la seguridad vial exige asegurar el constante y necesario mantenimiento del equilibrio de elementos y factores, porque su ruptura produce el accidente o el peligro inmediato de que ocurra.

1.1.1 Accidentes de tránsito. Un accidente de tránsito es el que se presenta en la vía súbita e inesperadamente, afectado por condiciones y actos irresponsables potencialmente previsibles, que se les atribuyen a factores humanos, vehículos de mayoría automotor, señalización, caminos y condiciones climatológicas, que conlleva a pérdidas prematuras de vidas humanas, lesiones, perjuicios materiales y secuelas físicas o psicológicas.

Para Colombia según los datos reportados por el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses y el Fondo de Prevención Vial en la publicación⁵ “Forensis datos para la vida” y “Accidentalidad Vial Nacional” en el 2016 se registraron en el sistema forense 7.180 víctimas fatales por accidentes de tránsito, en términos de muertes por cada 100.000 habitantes, se cuenta con una tasa de 15.5 muertes; un incremento del 5.75 % con respecto al 2015. Con estos datos se observa que a día de hoy Colombia cuenta con 3.5 muertes más que la meta sugerida del decenio (2852 muertes para 2020). De acuerdo con la información

³ CHACON, G. Monica. SAENZ, U. Lladry. Importancia de la Auditoria de Seguridad Vial – (ASV) en concesiones viales de Colombia.

⁴ CERQUERA, E. Flor, Ángela. Análisis espacial de la accidentalidad vial urbana, método de investigación con SIG. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

⁵ Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Forensis-Datos para la vida.2016 [en línea]. Disponible en la página web: <http://www.acotaph.org/assets/forensis-2016.pdf>

preliminar del Observatorio Nacional de Seguridad Vial⁶ entre enero y abril de 2017 se registran un total de 1.920 fallecidos y 9.877 lesionados, valorados por el Instituto Nacional de Medicina Legal.

Según el artículo segundo. Definiciones de la Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito - El accidente de tránsito es un “Evento, generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho” (Ley 769 de 2002, Código Nacional de Tránsito).

Los accidentes de tránsito se pueden diferenciar en los siguientes tipos:

- **Accidentes con heridos (ACCH):** suceso en el que una o varias personas resultan heridas debido a un accidente de tránsito.
- **Accidentes con víctimas mortales (ACCM):** es en cual una o varias personas mueren debido a un accidente de tránsito.
- **Accidentes solo con daños materiales (ACCDM):** son los accidentes en los que solo se presentan daños materiales.

1.1.1.1 Factores de contribución de accidentes. Según la PIARC⁷, en su Manual de Investigación de accidentes de carreteras para ingenieros⁸, el cual es promovido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), asegura que las causas potenciales para que se den los accidentes de tránsito se pueden categorizar en tres grupos, los cuales son: el factor humano, factor vehículo y el factor entorno e infraestructura, cuando ocurre un accidente es común que estos factores converjan, pero según se ha podido concluir estadísticamente, el factor humano es el que presenta un índice porcentual más alto frente a los demás, el 94% de los accidentes según la PIARC son consecuencia de las imprudencias del conductor o peatón;

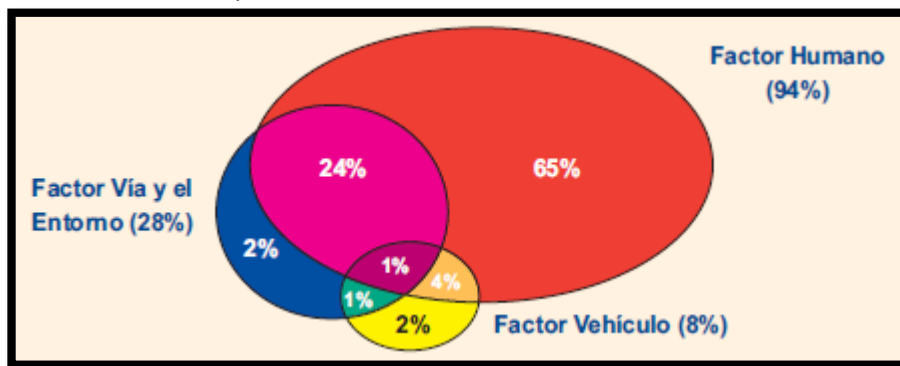
⁶Agencia Nacional de Seguridad Vial. [en línea]. Disponible en la página web: <http://ansv.gov.co/download/panorama-general-colombia-ene-abr-2017p/?wpdmdl=1881>

⁷ Permanent International Association of Road Congresses

⁸Road Accident Investigation Guidelines For Road Engineers, The road – a significant factor in the safety system. [en línea]. Disponible en la página web: http://www.who.int/roadsafety/news/piarc_manual.pdf

CONASET⁹ en la guía para realizar auditorías de seguridad vial concuerda con esto y representa el siguiente esquema.

Imagen 1. Vínculo de causas potenciales de los accidentes de tránsito



Fuente: CONASET, Guía para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial. Santiago.Chile.2003

Este diagrama representa el vínculo entre las causas potenciales de los accidentes de tránsito, en lo que se evidencia que el factor vehículo es el más pequeño seguido en escala ascendente por factor entorno e infraestructura el cual está muy por encima.

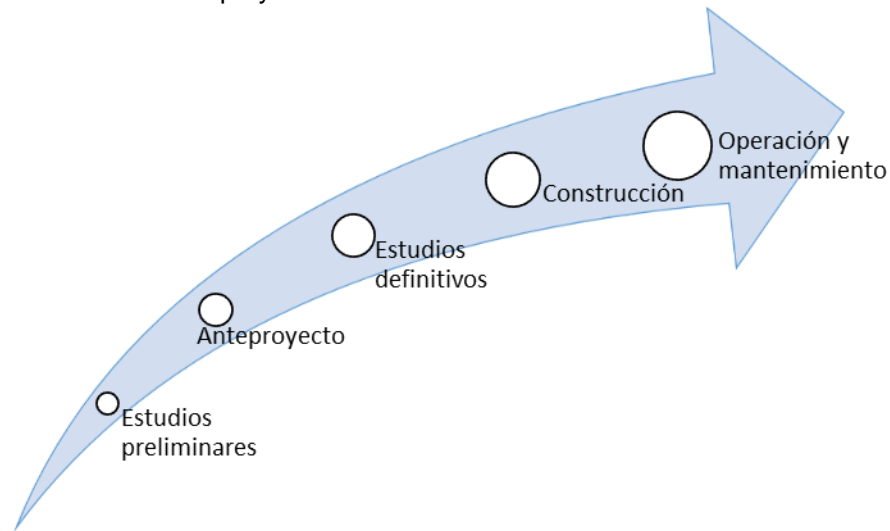
Según la Secretaria de Gobernación (SEGOB) y la Comisión Nacional de seguridad de México (CNS)¹⁰ en los accidentes ocurridos en carreteras federales el 80% de las ocasiones se relacionan directamente al conductor. Pero sugieren que los principales factores que causan accidentes carreteros son: El factor humano, mecánico, climatológico y estructural de tránsito.

1.1.1.2 Ciclo de vida de un proyecto de infraestructura vial (seguridad vial). El ciclo de vida de una vía, desde estudios preliminares hasta la etapa de operación y mantenimiento está ligadas a la seguridad vial, se puede resaltar que mientras se busquen resultados efectivos frente a la seguridad vial desde el inicio del ciclo, los costos de mantenimiento serán menores.

⁹ D. C Antonio, S. C. Jaime. Guía para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial, CONASET. 2003, CHILE.

¹⁰ Accidentes y sus factores, CNS. [en línea]. Disponible en la página web: http://cns.gob.mx/portalWebApp/appmanager/portal/desk?_nfpb=true&_pageLabel=portals_portal_page_m2p1p2&content_id=830068&folderNode=830052&folderNode1=810277

Imagen 2. Ciclo de vida de un proyecto de infraestructura vial



Fuente: Elaboración propia

- **Estudios preliminares:** en esta etapa es en la cual se propone el trazado de la vía, con lo cual se busca cubrir una necesidad inmediata que poseen los inversionistas como transporte, turismo, salud, seguridad, etc.
- **Anteproyecto:** este trazado se evalúa y se generan distintas variaciones a lo largo del proyecto, curvas, pendientes, cortes y rellenos, aquí se debe perfilar la vía para que sea acorde y cómoda para el usuario, por ello se tiene que identificar y evaluar las distintas características de la infraestructura.
- **Estudios definitivos:** será la etapa en la cual lo principal es el diseño geométrico de la vía, debido a que es en la cual se perfila el trazado y se concluye una propuesta, además se determinan y efectúan los estudios de suelos, hidráulicos, topográficos, geográficos, de tránsito y seguridad vial, etc. Se concretan las especificaciones técnicas, que incluyen la instalación de la señalización, iluminación y con ellos se establece un presupuesto para realizar su ejecución.
- **Construcción:** según las especificaciones establecidas en los estudios definitivos se lleva a cabo la ejecución del proyecto de infraestructura vial, durante esta etapa la vía sufre algunos cambios en su diseño, debido a que se debe auditar la correcta ejecución de las especificaciones, ya con ello se evalúa y controla de manera progresiva su operación hasta que se le de apertura.

- **Operación y Mantenimiento:** es la etapa final del ciclo de vida de una vía, en esta etapa se busca que se use de manera óptima y correcta la carretera, se deben realizar controles constantes de diferentes características de ella, como la velocidad del usuario, el estado de la capa de rodadura, los accidentes, la luminosidad, en resumen, se debe hacer una gestión a la vía de manera tal que se mida el desempeño de ella para siempre ir en pro de la seguridad vial.

1.1.2 Análisis espacial de los accidentes de tránsito. El accidente de tránsito no se define solo mediante el análisis del conductor, el vehículo y la vía, además de ello se ha incrementado el uso de herramientas que usan los Sistemas de Información Geográfica que generan diversos parámetros que son relevantes al momento de analizar los accidentes de tránsito, según Delgado¹¹ la comprensión del espacio geográfico radica en la medida de las variables que se pueden considerar para dicho estudio. De esta forma se distingue claramente que las técnicas de análisis espacial permiten un análisis exhaustivo de los procesos que interfieren en los accidentes de tránsito, permitiendo relacionar tanto elementos propios de la infraestructura como condiciones socio económicas de la población en que estos están inmersos. Cerquera¹² afirma que la contribución del análisis espacial permite identificar de manera precisa el patrón de concentración-dispersión, insumo fundamental en la determinación de modelos de evaluación con base en evidencia científica, con objetivos fundamentalmente preventivos en la toma de decisiones.

1.1.2.1 Densidad espacial. El análisis espacial hace uso de diversas técnicas y métodos con los que se busca procesar, separar y clasificar un número de datos, para con ello contribuir en la búsqueda de soluciones de un problema. Esto implica que el investigador determine las particularidades y elija las herramientas que debe utilizar para que se encuentren las relaciones adecuadas y ellas ofrezcan una solución integral. Las herramientas que se pueden utilizar son de tipo cuantitativo, cualitativo, gráfico o mixto, estas herramientas siempre cumplen con los objetivos del análisis espacial debido a que identifican los componentes del espacio y se centran en el procesamiento o tratamiento de datos.

¹¹ CASTRO, D. Francisco. Análisis Espacial de los Accidentes de Tránsito en el Cantón Pococí, Revista Geográfica del América Central, Número Especial EGAL, Costa Rica, 2011.

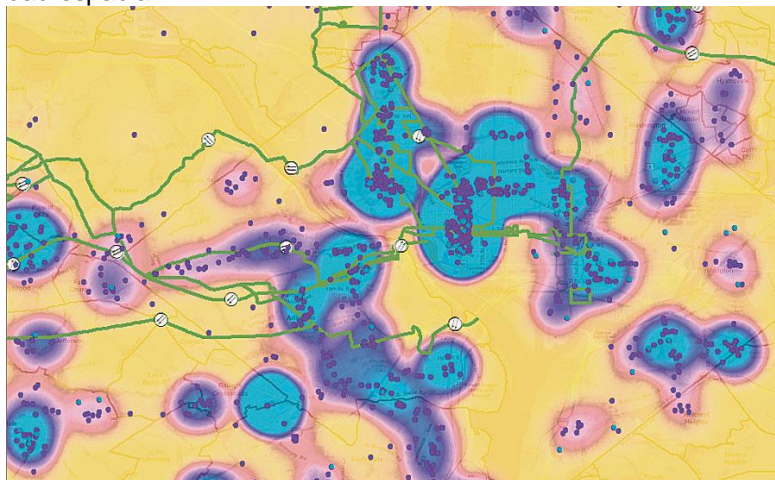
¹² CERQUERA, E. Flor, Ángela. Análisis espacial de los accidentes de tráfico en Bogotá D.C. Fundamentos de Investigación. Perspectiva Geográfica, Vol. 18 No1. Colombia, 2013.

Una de estas herramientas técnicas, son los sistemas de información geográfica (SIG) los cuales conllevan a que el análisis espacial se realice de una manera más productiva, representándola a través de un modelo análogo de la realidad espacial que presenta mediante una línea, punto, polígono e información temática.

En síntesis, el análisis espacial permitirá reconocer y evaluar sitios, áreas y corredores inseguros de alto riesgo; frecuencia de ocurrencias según la clase del accidente; realizar procesos de georreferenciación; establecer patrones tipo según factores de análisis, y, además estudiar el movimiento de las variables que intervienen e interactúan y la distribución de los eventos con respecto a la organización y estructura espacial, a las condiciones socioeconómicas y otras interrelaciones espaciales¹³.

La densidad es clave en el análisis espacial, identificar el comportamiento de las distribuciones espaciales se relaciona directamente con la frecuencia con la que un hecho con características geográficas se produce en el espacio. Spatial Analyst de ArcGis posibilita la utilización de una función cuadrática de Kernel, ajustando una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza cero en la distancia Radio de búsqueda desde el punto¹⁴.

Imagen 3. Densidad espacial



Fuente: Disponible en internet, http://www.esri.com/news/arcnews/winter0708articles/whats-new-in-agdesktop93_sp.html

¹³ CERQUERA, Flor, Ángela. Análisis espacial de la accidentalidad vial urbana. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. 2015. P. 67.

¹⁴ FUENZALIDA. M. Cobs. V. La perspectiva del análisis espacial en la herramienta sig: una revisión desde la geografía hacia las ciencias sociales. Persona y sociedad. Vol XXVII. Universidad Alberto Hurtado. Chile.

1.1.3 ASV en el mundo, orígenes y desarrollo. Una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es un procedimiento sistemático en el que un auditor independiente y cualificado comprueba las condiciones de seguridad de un proyecto de una carretera nueva, de una carretera existente o de cualquier proyecto que pueda afectar a la vía o a los usuarios¹⁵. Speier¹⁶ asegura que hay diversas definiciones para una ASV y el alcance de una intervención típica. “Austroads”¹⁷ define una ASV como un “examen formal de un proyecto de tráfico o de camino futuro, un camino existente, o cualquier proyecto que interactúe con los usuarios de la vía, en la cual un examinador calificado e independiente, informe sobre el potencial del proyecto para los accidentes viales y el desempeño de la seguridad”. Para Chacon¹⁸, la ASV es una metodología o procedimiento que reúne una serie de requisitos que se deben evaluar y revisar para asegurar que los proyectos viales reúnan unas condiciones apropiadas las culés mitiguen los riesgos de accidentes y posteriormente brinden posibles soluciones de mejora a las condiciones encontradas.

Se puede concluir que las ASV tienen un propósito, y es el de gestionar pro-activamente la seguridad; ya que identifica cualquier deficiencia en la seguridad vial y si el auditor lo considera apropiado formulará recomendaciones dirigidas a mitigar o eliminar las deficiencias. En el mundo las auditorías de seguridad vial han evolucionado de manera estrambótica y aún no paran. Las revisiones de seguridad vial de los proyectos se han realizado en los Estados Unidos desde el inicio de los años 70. De esta manera, a lo largo del tiempo se han ido desarrollando y estableciendo mejor las medidas, procedimientos y políticas para el desarrollo de las ASV, como ocurrió en Australia y Nueva Zelanda que aplicaron estos conceptos y procedimientos de ASV, en la etapa temprana de sus carreteras y rápidamente se vieron las ventajas, motivándoles a desarrollar y adaptar procedimientos nuevos para ASV según la etapa de vida de la vía. Han logrado publicar manuales muy conocidos como el *AUSTROADS (1994)* que actualmente cuenta con nuevas actualizaciones y es referente de desarrollo para la aplicación de esta metodología de gestión de tránsito para muchos países¹⁹.

¹⁵ DIAZ, Jacobo. Auditorías de seguridad vial, Experiencias en Europa. Madrid, España. 2014

¹⁶ SPEIER, C. Gregory. Informe final Auditoría de seguridad vial, PROTRANSPORTE, Lima, 2008

¹⁷ Austroads, Road Safety Audit, 2nd Edition, Sydney, Australia, 2002

¹⁸ CHACON, G. Monica. SAENZ, U. Lady. Importancia de la Auditoría de Seguridad Vial – (ASV) en concesiones viales de Colombia.

¹⁹ MENDOZA, B. Luis. MUÑOZ, G. Luis, H. Propuesta de una metodología estándar de auditoría de seguridad vial para una carretera en etapa de operación, aplicada en el tramo: Urcos-Juliaca. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, 2016.

1.1.4 ASV América Latina y el Caribe. En América Latina y el Caribe se ha desarrollado el concepto de auditorías de seguridad vial de manera muy especial, Chile, Costa Rica, Colombia y México son algunos de los países que más invierten en el desarrollo de actividades que puedan disminuir las cifras de accidentes de tránsito, la Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL)²⁰ reconoce que los costos sociales y económicos de los accidentes y las lesiones que son causadas por el tránsito pueden llegar a representar un 1% del Producto Interno Bruto en los países de ingresos bajos, 1.5% en países de ingresos medianos y un 5% en los países de ingresos altos; además advierte que existen estimaciones que indican que en los países de América Latina y el Caribe, entre el año 2000 y el 2020, el número de víctimas crecerá un 48%.

La Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito de Chile (CONASET), uno de los países de América del Sur con una de las mejores experiencias frente a la aplicación de las ASV menciona que ayudan a asegurar que las cuestiones asociadas con la seguridad vial estén expresamente consideradas en todas las etapas de un proyecto. En la última década ha cobrado mucha fuerza la realización de Auditorías de Seguridad Vial (ASV) en la región LAC, aplicándose tanto para proyectos que se encuentran en etapa de diseño como para obras que ya están en ejecución u obras en operación. Para ello se utilizan listas de chequeo, las cuales se basan en experiencias en Europa y Australia, las cuales permiten hacer una revisión sistemática de todos los elementos de una vía y su entorno. En América Latina y el Caribe las ASV se utilizan en su mayoría para proyectos nuevos y de gran envergadura, pero es necesario extender el uso de las auditorías a todos los proyectos que se encuentran en etapa de diseño, obras de mejoramiento o conservación y así poder complementar con otros procesos como detectar las causas de los accidentes y tomar las medidas que se hagan correspondientes.

1.1.5 ASV ámbito nacional. En Colombia la infraestructura vial está en pleno crecimiento e innovación con las adjudicaciones a concesiones de cuarta generación, son proyectos de gran envergadura que están generando un importante desarrollo en la región, porque su aplicación se está realizando en diversas zonas del país, según Alarcón²¹ en Colombia la accidentalidad se ha ubicado como la segunda causa de morbilidad y mortalidad generada por lesiones de causa externa,

²⁰ CEPAL, La seguridad vial de América Latina y el Caribe. Situación actual y desafíos. Santiago de Chile, noviembre de 2005.

²¹ ALARCÓN, D. José. Listas de chequeo para realizar auditorías de seguridad vial en Colombia. Puente revista científica. 2015.

lo que conlleva a pérdidas económicas para el país, que ascienden a USD 663.731.148 lo cual se estima entre 2.5 a 3.0 puntos del PIB del país si se tiene en cuenta la inversión estatal, reposición de infraestructura física y servidores públicos para la atención de accidentes en sus diferentes etapas. Mediante la Resolución 001282122 del 30 de marzo de 2012 el Ministerio de Transporte acoge el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2016, este se crea de acuerdo a los lineamientos que recomienda la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), para poder colaborar y ejecutar el Plan Mundial utilizado en el Decenio de Acción para la Seguridad Vial (2011-2020), se identificó que varias organizaciones están de acuerdo con la importancia que tiene la seguridad vial en los proyectos de carreteras para la protección de los usuarios. La puesta en marcha de una política de seguridad vial, a más de la preparación del documento que formula la estrategia, requiere la creación de un ámbito jurídico político que institucionalice la seguridad vial, con el cual, por una parte, se consolide la planificación, coordinación y ejecución de las políticas de seguridad vial a nivel nacional y local respetando las autonomías; y por otra, se logre la asignación de recursos económicos estables, permanentes y ordinarios en su presupuesto de gestión anual acordes con el accionar programado²³.

Chacon²⁴ menciona; por lo anteriormente expuesto, la Agencia Nacional de Seguridad Vial en Colombia - ANSV, “pretende a 2018 reducir en un ocho (8%) por ciento las muertes por accidentes de tránsito en el país al finalizar este cuatrienio y en un 26% en el 2021, lo que significa salvar 1.750 vidas al año” aseguró el Presidente Santos el día 16 de diciembre del 2015 en Bogotá, mientras realizaba el pronunciamiento sobre la puesta en ejecución de dicha Agencia desde ese mismo instante. Las Auditorías en Seguridad Vial (ASV) en Colombia fueron inicialmente implementadas por el Fondo de Prevención Vial y como consecuencia de los buenos resultados obtenidos ha ido incorporando en algunas de las principales entidades ejecutoras de proyectos viales a nivel nacional y municipal, aunque de momento no se han establecido de manera obligatoria²⁵.

²² MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1282 2015. [en línea]. Disponible en la página web: <http://entornolegal.com.co/~dmsjurid/CODIGOS/LEGISLACION/ministerios/mtransporte/resoluciones>

²³ INSTITUTO DE SEGURIDAD Y EDUCACIÓN VIAL (ISEV), en el Tercer informe datos básicos Tránsito y Seguridad Vial Latinoamericano (2008) titulado “Institucionalidad de la Seguridad Vial en América Latina”, Argentina, 2008.[en línea]. Disponible en la página web: <http://es.calameo.com/read/00000480906781f361ecf>>

²⁴ CHACON, G. Mónica. SAENZ, U. Lady. Importancia de la Auditoria de Seguridad Vial – (ASV) en concesiones viales de Colombia.

²⁵ BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. [en línea]. Disponible en la página web: <http://www.iadb.org/es/temas/transporte/guia-bid-de-seguridad-vial/auditorias-de-seguridad-vialcolombia,4729.html>

2. GENERALIDADES Y METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN DEL TRAMO

El tramo a analizar en la ASV, comprende 13.7 kilómetros los cuales se encuentran en la zona nororiental del departamento de Boyacá, entre la ciudad de Tunja, la cual es su capital y Tuta. En el recorrido del trayecto se encuentran las entradas a los municipios de Tuta, Oicatá y Combita, la vía en la cual se encuentra el tramo es una de las más importantes de la región ya que ayuda a conectar el país desde el centro hacia el oriente, convirtiéndose en una vía de primer orden. A continuación, en la imagen 4 se observa el perfil de elevación del tramo en estudio, la ubicación se puede visualizar de manera más simple en el anexo A.

Imagen 4. Perfil de elevación del tramo en estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

2.2 INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para el proyecto se recolectó información de diferentes entes administrativos que regulan la pesquisa acerca del tránsito en la región y el país, el Ministerio de Transporte, la Agencia Nacional De Seguridad Vial, Instituto Nacional de Medicina Legal, Policía Nacional, INVIAS, alcaldía municipal de Tunja y gobierno departamental de Boyacá. Estas entidades ofrecen bases de datos de accidentes, series históricas de volúmenes de tránsito, parámetros geométricos de la vía, etc.

2.2.1 Accidentes. Para valorar el desempeño de la infraestructura vial y evaluar los componentes que tiene la vía desde la perspectiva de la seguridad vial, buscando que se identifiquen los elementos que participarán de manera potencial en los accidentes de tránsito, se obtuvieron datos que en su mayoría ofreció la Policía Nacional de Colombia en conjunto con la Agencia Nacional de Seguridad

Vial y el Instituto Nacional de Medicina Legal, en los cuales suministraron una base de datos de accidentalidad para los años en los que se realiza el análisis; 2014, 2015 y 2016, en esta base de datos se encontraban parámetros como: año, día del acontecimiento, fecha, cantidad de muertos, cantidad de heridos, causa del accidente, entre otros. Esta base de datos se puede encontrar en medio magnético como anexo F en el documento.

2.2.2 Volúmenes. El volumen será aquel número de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico, cuando se quiere proyectar una vía se debe tener en cuenta que se tienen que conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito. Para este caso se observa en el cuadro 1 el tránsito promedio diario semanal el cual será el número total de vehículos que pasan durante un periodo completo que se establece en días que sea menor o igual a un año y mayor a un día, dividido en el número de días de ese periodo, en este caso se observa que es de carácter semanal, allí se evidencia que los autos son los que tienen mayor presencia en la vía, seguidos por los camiones y respectivamente los buses.

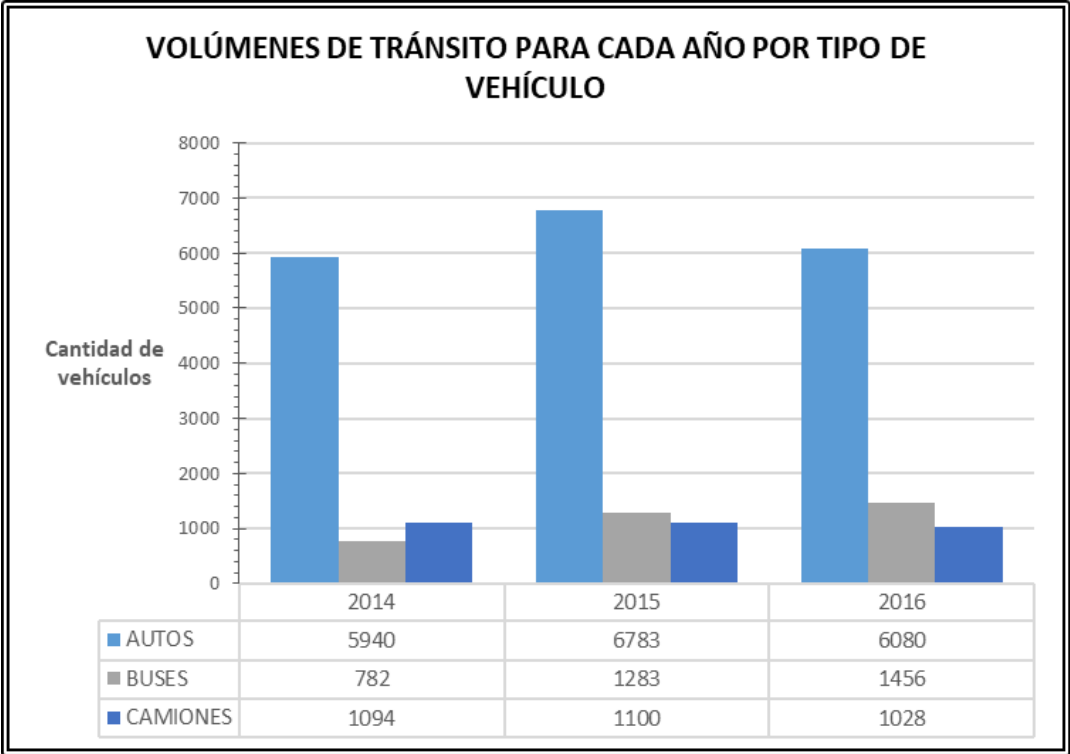
Cuadro 1. Volúmenes para los años de estudio

	2014	2015	2016
Total	7,816	9,166	8,563
Distribución	76-10-14	74-14-12	71-17-12
AUTOS	5940	6783	6080
BUSES	782	1283	1456
CAMIONES	1094	1100	1028

Fuente: INVIAS, Serie histórica de tránsito promedio diario

En la gráfica número 1 se puede observar que el volumen más alto para este tramo es el que pertenece a los autos, seguido por los camiones y al final los buses, estas cifras se deben a que es una vía de primer orden, dentro de las más importantes de la región, en la cual se unen diferentes municipios y es circulada por una cantidad importante de vehículos como se muestra a continuación.

Gráfica 1. Área afectada por tramos



Fuente: elaboración propia

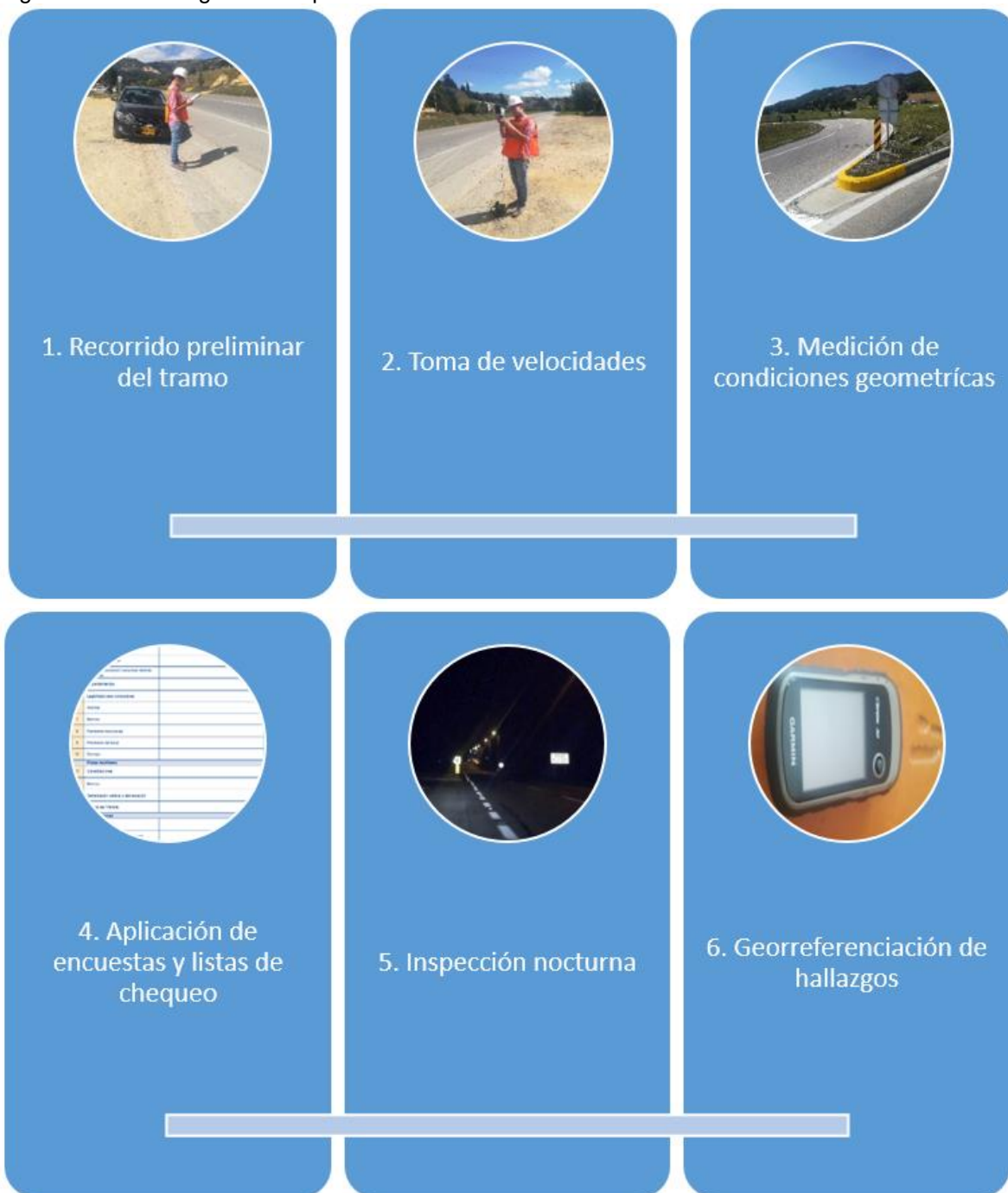
3. METODOLOGÍA DE CAMPO

El presente apartado tiene como finalidad enunciar cada uno de los criterios utilizados en campo para el desarrollo del análisis, aquí se demostrará el proceso con el cual se recolectaron las diferentes evidencias para la evaluación de la seguridad vial en el tramo, la adaptación y aplicación de las listas de chequeo, además de las condiciones geométricas la vía y la toma de velocidades. Todas son variables que afectan parámetros que pueden ser gestoras de riesgos para los usuarios.

La metodología que demanda la ASV orbita fundamentalmente alrededor de las diferentes características que se pretenden evaluar, mucha de la información utilizada para modelar el escenario o tramo que se evalúa se obtiene a partir de datos recolectados en campo. En la figura 1 se muestra la metodología que se aplicó para la inspección en campo y en los numerales siguientes se realiza una breve descripción de la misma en donde se hará énfasis en cada una de las evidencias encontradas.

- **Recorrido preliminar del tramo:** este recorrido se realiza con el fin de verificar las condiciones de la vía, se hace en un vehículo particular y pretende ver el estado de la estructura visible del pavimento, identificar la entrada a los municipios y lugares para realizar la toma de velocidades, además de la señalización, demarcación y comportamiento de los usuarios.
- **Toma de velocidades:** mediante el recorrido preliminar se determinaron sectores en los cuales se plantea realizar una toma de velocidades, con la cual se busca evaluar las condiciones de operatividad de la vía.
- **Medición de condiciones geométricas:** se determinan las condiciones geométricas de la vía en algunos puntos del tramo, para con ello verificar la homogeneidad en la sección transversal.
- **Aplicación de las listas de chequeo y encuestas:** implementar listas de chequeo y de ser necesario, adecuarlas a las condiciones del tramo además ejecutar encuestas a los usuarios de la vía.

Figura 1. Metodología de campo



Fuente: Elaboración propia

- Hallazgos: mediante una visita a campo se registran los hallazgos que representen falencias en las características que brindan seguridad al usuario, se dividen en tres tipos hallazgos de tránsito, diseño, comportamiento.
- Recorrido nocturno: se realiza una visita en horas de la noche al tramo en estudio y se verifican las características de la infraestructura vial que sean clave en la seguridad de los usuarios que se movilizan en la noche, como señalización, demarcación estén en correcto estado.

En el cuadro 2 se muestra un cronograma general para el desarrollo de la ASV en campo.

Cuadro 2. Cronograma para el desarrollo de la ASV

VISITA ASV	FECHA
<ul style="list-style-type: none"> • Chequeo general • Registro de velocidades 	10/11/17 13/11/17
<ul style="list-style-type: none"> • Listas de chequeo • Hallazgos de tránsito 	17/11/17 17,18,19/11/17
<ul style="list-style-type: none"> • Hallazgos de diseño • Hallazgos de comportamiento 	22,23,24/11/17 28/11/17
<ul style="list-style-type: none"> • Visita nocturna 	10/12/17

Fuente: Elaboración propia

3.1 RECORRIDO PRELIMINAR

Este recorrido se realizó el 10 de noviembre de 2017, se buscó identificar las condiciones de la vía y ver el estado de la estructura visible del pavimento. Se identificaron diferentes falencias de manera general, para en una segunda visita verificar al detalle estos hallazgos, se observó el comportamiento de los usuarios y las diferentes imprudencias que cometen, en el capítulo 5 se evidencian estos hallazgos de manera más detallada, además en el anexo D se muestra un video del recorrido preliminar.

3.2 TOMA DE VELOCIDADES

Se realizó un estudio de velocidad punto con el fin de medir las características de la velocidad sobre el tramo en estudio y así lograr establecer la relación entre los accidentes ocurridos en la vía y la velocidad de operación de ésta, teniendo en cuenta el previo análisis que se realizó a los accidentes en donde es el exceso de velocidad la principal causa de ocurrencia de estos, como se muestra en la imagen 5.

La toma de velocidades se hizo en varios puntos de la vía catalogados como puntos críticos y en los dos sentidos de circulación, se utilizó un RADAR PORTATIL "Decatur" Genesis -VP, con rango de 24 a 337 km/h, Precisión de ± 1 km/h, serie 04822 registraron 120 datos de velocidades de automóviles, buses y camiones los cuales se muestran en el anexo B. En una observación preliminar a la hora de tomar los datos se logró establecer que en su mayoría los vehículos sobrepasan los límites establecidos especialmente en zonas de pasos peatonales.

Imagen 5. Toma de velocidades en campo



Fuente: Elaboración propia

3.3 CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LA VÍA

Para el tramo en estudio se verificaron en campo diferentes parámetros geométricos que pueden condicionar la vía y su nivel de seguridad, se evaluó cada carril de manera que se conocieran sus condiciones geométricas, para ello se midieron los carriles de cada calzada, separador, bermas, cunetas, las intersecciones presentes en la vía y se identificó la condición de las zonas laterales, la cual no cumple con la normatividad exigida para este tipo de vía que es de 35 metros hacia cada lado. En el cuadro 3 se muestra un cuadro con los parámetros encontrados.

Cuadro 3. Condiciones geométricas de la vía

Ítem		Característica
1.	Clase de terreno	Ondulado
2.	Velocidad de diseño	80 Km / h
3.	Ancho de calzada	7.30 m por cada calzada
4.	Bermas (Exterior - Interior)	1.80 m y 0.80 m
5.	Corona	19.80 m
6.	Cuneta	1.00 m
7.	Separador	4.00 m
8.	Pendiente Máxima	6.0 %

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3 se mencionan los parámetros que ofrecen las condiciones geométricas de la vía en el tramo de estudio, estas se recolectaron en campo, verificando que el ancho de vía ni las zonas laterales cumplen con los requerimientos.

3.4 APLICACIÓN DE LISTAS DE CHEQUEO

Las listas de chequeo son una herramienta que las ASV aplican en su proceso de ejecución a lo largo del mundo, según Alarcón²⁶ analizando detalladamente las listas de chequeo de los países que aplican ASV de manera sistemática, se observa que existen diferencias en la concepción de las mismas, mientras que las listas de países como Australia, Nueva Zelanda, Chile, Estados Unidos, Puerto Rico y

²⁶ Alarcón, D. José R. Listas de chequeo para realizar auditorías de seguridad vial en Colombia. Puente revista científica. 2015

Canadá son más detalladas, las que se aplican en el Reino Unido y México son más generales, con menos detalle en los aspectos técnicos y ciñéndose sólo a los aspectos principales que se deben examinar, dejando que el auditor experimentado aplique sus propios criterios de seguridad.

Para el caso en contexto se utilizarán las listas de chequeo de la CONASET²⁷ como base para la aplicación de la ASV, estas listas tienen como finalidad ayudar al equipo auditor a que identifique cualquier deficiencia de seguridad, de manera que se haga ordenada y sistemáticamente.

En el proceso de ejecución de la ASV se establecieron diversos parámetros los cuales de acuerdo a la experiencia del auditor se incluirán o no en las listas, esto se hace entendiendo que las listas de chequeo son un medio para que las ASV cumplan con su objetivo, más no una finalidad que se representa en el informe final. Al verificar las listas de la CONASET y realizar una primera visita para inspeccionar y realizar una exploración mediante una lista de chequeo general; se determinaron los cambios que se le podrían realizar a las listas de chequeo de la Comisión, cabe resaltar que uno de los cambios más significativos fue el de hacer la revisión mediante diferentes preguntas que pudieran albergar varios ítems, para así adecuar de la mejor manera las listas a la infraestructura que allí se presenta.

En el anexo C se pueden observar las listas de chequeo con sus debidos comentarios.

3.4.1 Propuestas de modificación. Se evidencia con la aplicación de las listas de chequeo de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito la facilidad con la que los ítems que allí se presentan brindan ayuda para determinar los diferentes parámetros que evidencian problemas en la seguridad de la vía.

En términos generales las listas de chequeo general a vías existentes ofrecen los ítems necesarios para su ejecución en el proyecto, según la CONASET en las ASV no es necesario adicionar las listas de chequeo, por ello estas se pueden modificar para ejecutar a criterio del equipo auditor, el cual puede decidir cómo y con qué parámetros usarlas, para este caso se concluyó que las listas presentadas en el apartado anterior suplían con las características a evaluar en el tramo que se seleccionó para realizar la ASV.

²⁷ Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile

3.5 VISITA NOCTURNA

Para tener una visión más clara de los niveles de seguridad que tiene el tramo en estudio, se realizó una visita nocturna, la cual buscaba identificar las falencias que se podían presentar en aspectos que pudieran influir en la seguridad de los usuarios a la hora de conducir sobre la vía en horas de la noche.

En esta visita se evaluaron parámetros como la retroreflección de la demarcación y la señalización vertical en el tramo, es importante aclarar que al no contar con un retroreflector este parámetro se verificó haciendo un cambio de luces sobre las señales, la iluminación en sectores con flujos de peatones significativos y el comportamiento de los usuarios. Para ello con ayuda de un dispositivo móvil se obtuvo un video adicional que se puede observar en el anexo D Los hallazgos encontrados en horas de la noche se evidencian en el capítulo 5 allí se muestran de manera detallada con su respectiva recomendación.

3.6 ENCUESTAS

Mediante encuestas a los usuarios se buscó verificar los hallazgos encontrados, además de identificar falencias que los usuarios de la vía o residentes de la zona en sus recorridos frecuentes pueden identificar. Las encuestas se basaron en gran parte al comportamiento de los usuarios.

Gran número de usuarios se mostraron inconformes con algunas de las medidas que se implementan para la seguridad de los peatones a lo largo del tramo, a su vez, indican que las medidas que se toman respecto al control de los vehículos y las velocidades a las que circula es mínima e ineficiente, también se evidencio una clara falencia en la percepción que los residentes de la zona tienen acerca de la seguridad vial y como se presenta. El esquema de las encuestas realizadas se puede verificar en el anexo E.

3.7 GEORREFERENCIA DE HALLAZGOS

El procedimiento que se utilizó para este apartado es similar al utilizado en el numeral 4.1, aquí para cada punto y tipo de hallazgo se realizó en campo el almacenamiento de esa información en coordenadas geográficas mediante la ayuda

de un equipo GPS Garmin Etrex 30 el cual se muestra en la imagen 6, luego mediante la ayuda de ArcMap se incluyeron en el tramo.

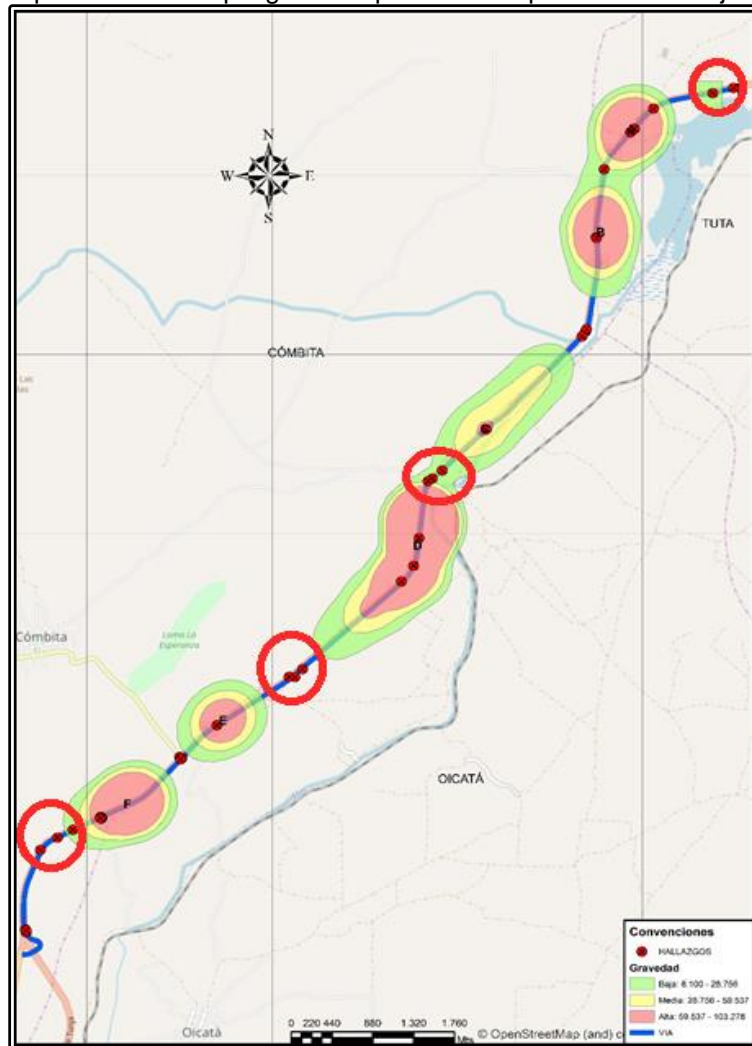
Imagen 6. GPS Garmin



Fuente: Elaboración propia

En la imagen 7 se muestran los diferentes hallazgos que se encontraron a lo largo del recorrido, se evidencia que en las entradas a los municipios de Oicata, Tuta y Combita se incrementa la cantidad y por tal motivo la densidad Kernel, así mismo se pueden observar los puntos potencialmente peligrosos que se encuentran en proximidades a los municipios, estos mapas se pueden verificar al detalle en el anexo A; y además se muestra con un círculo rojo, los hallazgos que representan puntos potencialmente peligrosos, los cuales pueden convertirse en lugares en los que se produzcan fallas en la seguridad de la vía que incidan a la ocurrencia de accidentes de tránsito.

Imagen 7. Lugares potencialmente peligrosos representados por un círculo rojo



Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

En el siguiente capítulo se abarca el procesamiento de la información referente a los accidentes, para ello se realizó una visita de campo, en la cual mediante la aplicación SW MAPS y un Global Position System (GPS) GARMIN ETREX VISTA No. 79909937. PRECISION: 3 Mts. 12 CANALES. VEL.PROMEDIO: 100 DATUM, se realizó la localización de los accidentes para los años 2014, 2015 y 2016, de acuerdo a las abscisas que se obtuvieron de la base de datos de la Policía Nacional y el Instituto Nacional De Medicina Legal; luego con ayuda de ArcMap se ubicaron los puntos sobre un mapa base que contenía el tramo en estudio.

4.1 GEORREFERENCIACIÓN DE ACCIDENTES

Como se mencionaba anteriormente, con ayuda de la información en formato .xls²⁸ obtenida de diferentes entidades como la ANSV, de los accidentes ocurridos, en los cuales se encontraban las abscisas de cada uno de ellos, se propuso con una visita a campo en el tramo de estudio, ir a cada una de estas abscisas y registrar los accidentes ocurridos allí para los tres años de análisis.

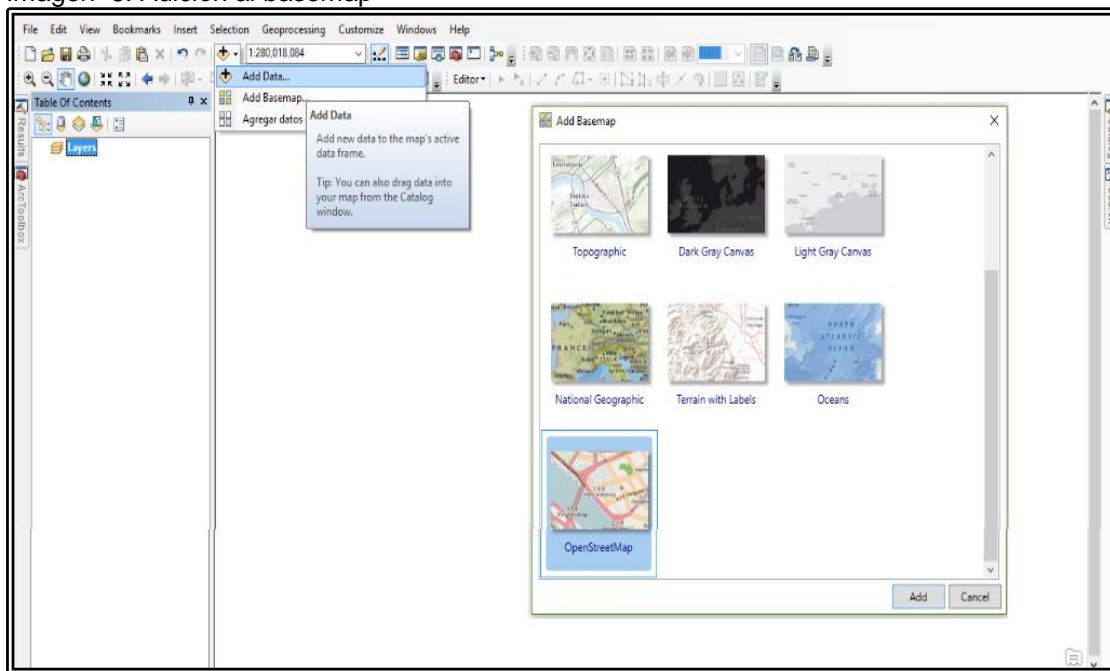
Al tener las coordenadas geográficas de cada accidente en formato .xls, se cargan en ArcMap, para ello primero se crea un archivo que contenga un mapa base, el cual puede indicar y dar una mejor perspectiva de donde se sitúa el tramo en estudio, como se observa en la imagen 8.

Luego de adicionar el mapa base, se incluyen los puntos localizados en campo, con ayuda de la opción ADD DATA como se observa en la Imagen 9. Es importante aclarar que las coordenadas que se manejan son geográficas.

Ya con ello se obtendrán puntos con los accidentes ocurridos en cada una de las abscisas alrededor del tramo, aquel que se evidencia con una pequeña diferencia en la tonalidad roja en la imagen 10.

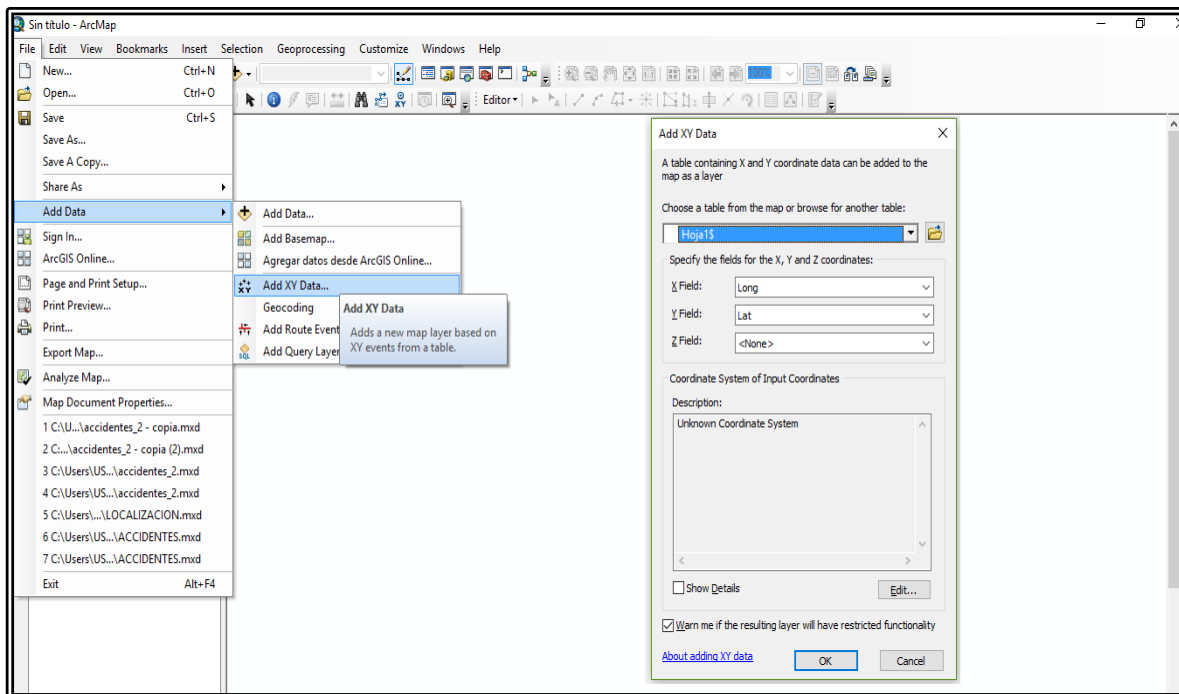
²⁸ Tipo de formato de archivo de Microsoft Excel

Imagen 8. Adición al basemap



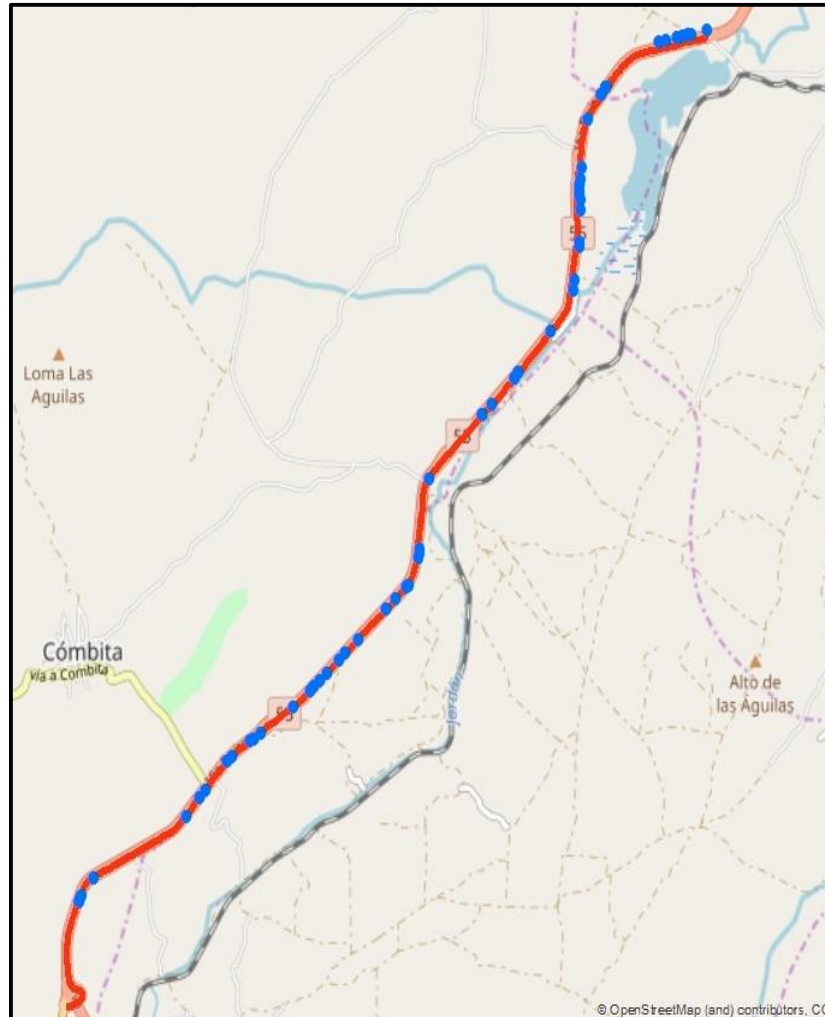
Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Imagen 9. Adición de puntos a la capa



Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Imagen 10. Georreferencia de accidentes

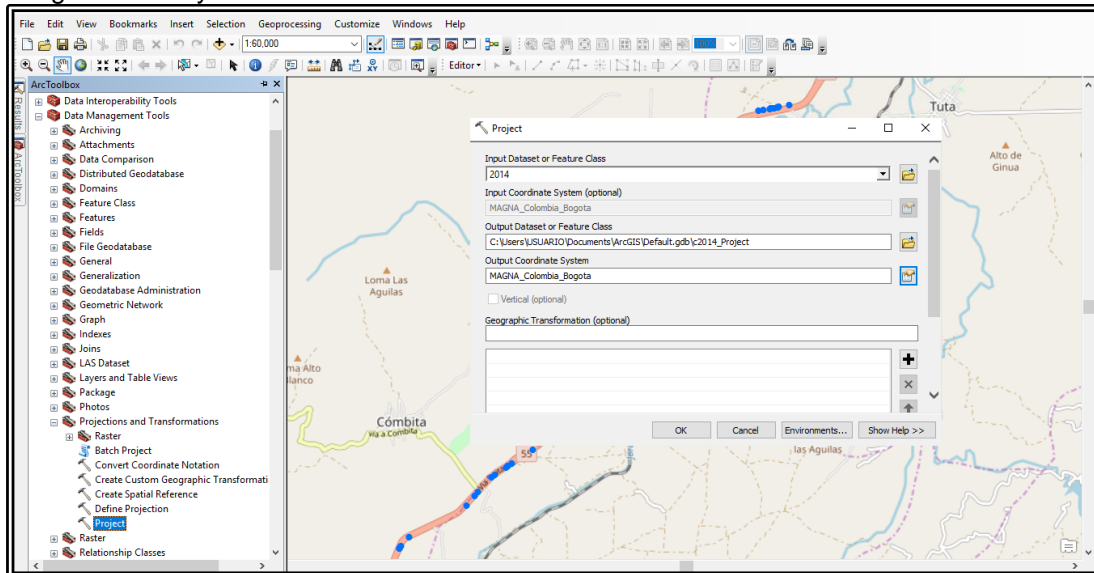


Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Como se evidencia en la imagen 11, teniendo los puntos de todos los años de estudio es necesario convertirlos a coordenadas planas MAGNASIRGAS COLOMBIA BOGOTA debido a que son necesarias para que ArcMap realice los cálculos de manera eficiente. Proyectados los puntos, el siguiente paso es añadir la información relevante a cada uno de los accidentes, esto se hará con la opción JOIN la cual se trabaja en formato .xls 1997 - 2003 como se puede observar en la imagen 12.

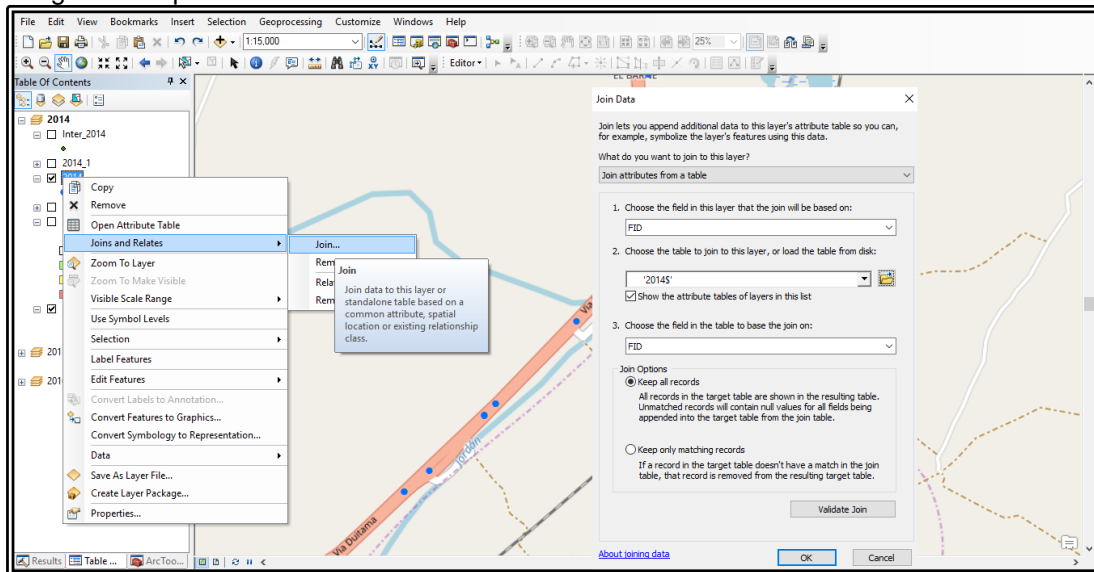
Los parámetros que se tienen de cada accidente son: año, día de la semana, fecha, cantidad de heridos, cantidad de muertos, móvil agresor, causa del accidente entre otros, como se muestra en la imagen 13.

Imagen 11. Proyección de datos



Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Imagen 12. Aplicación de JOIN



Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Imagen 13. Información base de datos

FID	Causa	Lesionados	Muertos	MES	DIA_SEMANA	EDAD	HORA_HECHO	MOVIL_AGRESOR	MOVIL_VICTIMA
-----	-------	------------	---------	-----	------------	------	------------	---------------	---------------

Fuente: ArcMap a partir de elaboración propia

4.2 DENSIDAD KERNEL

El método Kernel, calcula la magnitud por unidad de área a partir de los puntos que se ubicaron anteriormente en el software mediante una función Densidad Kernel para adaptar una superficie suavemente estrechada a cada punto.

Para la aplicación de la función Kernel es necesario editar la tabla de atributos adicionando un campo nuevo para las capas de puntos accidentes que se crearon para cada año como se muestra en la imagen 14 y añadir uno de los parámetros más importantes, el cual será el número de accidente equivalente o NAE que proporcionará una variable muy importante para el cálculo de la densidad Kernel; según Cerquera²⁹ el número de accidente equivalente es el valor equivalente de cada accidente y se da según el resultante de heridos y muertos con respecto a un accidente que solo tiene daños materiales y se define mediante la ecuación 1.

Ecuación 1. Número de accidentes equivalentes

$$NAE = N^{\circ} \text{ de accidente} + (FH * No. Heridos) + (FM * No. muertos)$$

Fuente: CERQUERA, Flor. Análisis espacial de la accidentalidad vial urbana. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. 2015. P.95

Donde:

NAE: Número de accidente equivalente

FH: Factor de equivalencia por herido

H: Número de heridos

FM: Factor de equivalencia por muerto

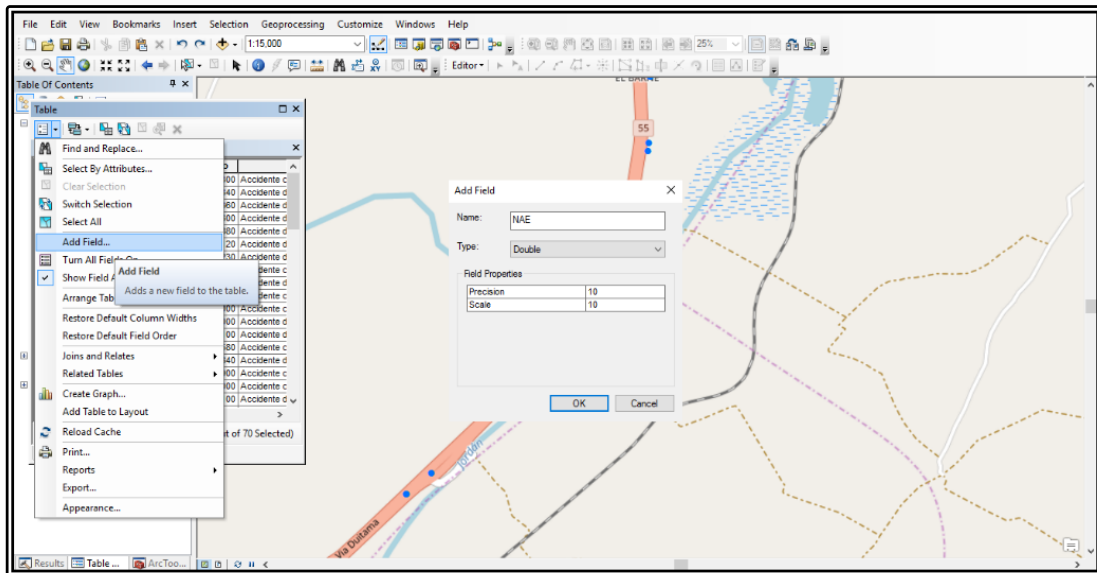
M: Número de muertos

Los factores de equivalencia por herido y por muerto que corresponden a 2 y 13.4³⁰ respectivamente para el cálculo del número de accidente equivalente se utilizan de acuerdo a los indicadores sociales y económicos para Colombia representados en la cartilla reporte del Banco Interamericano de Desarrollo.

²⁹ CERQUERA, Flor. Análisis espacial de la accidentalidad vial urbana. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. 2015. P.95

³⁰ BID. Indicadores sociales y económicos en Colombia. Cartilla reporte. Distribución Imprenta Nacional. Biblioteca Luis Ángel Arango. 2010.

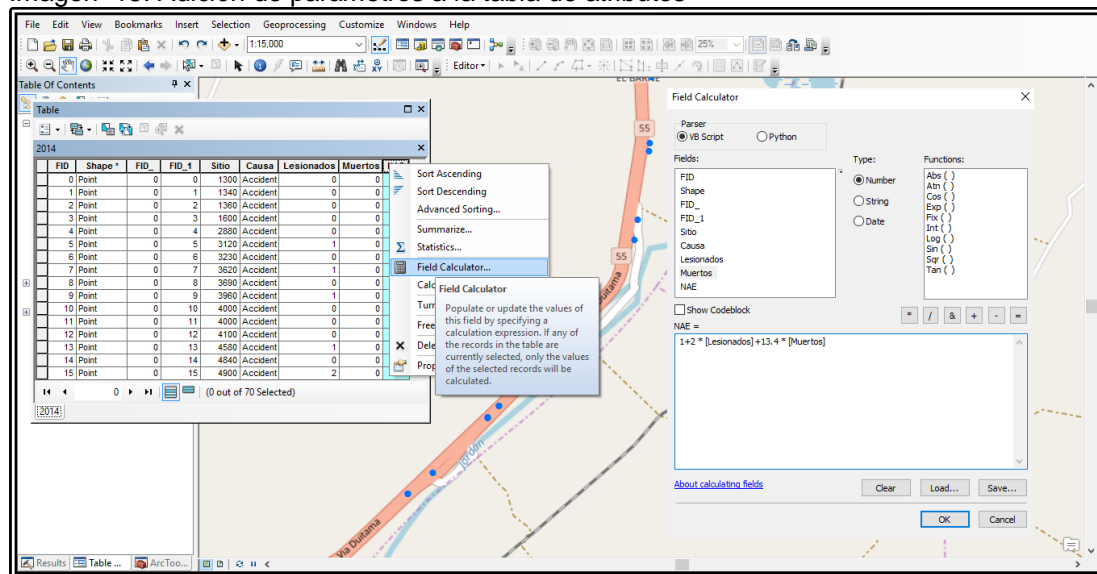
Imagen 14. Adición de parámetros a la tabla de atributos



Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Luego de aplicar la fórmula se obtuvo un valor de NAE para cada uno de los accidentes. La creación en ArcMap de la formula y su aplicación se muestran en la imagen 15.

Imagen 15. Adición de parámetros a la tabla de atributos



Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Luego el ArcMap calcula la magnitud por unidad de área a partir de los puntos que mediante una función Kernel adapta una superficie suavemente estrechada a cada punto. El área se establece arbitrariamente como un kilómetro cuadrado, con este valor se establece el radio mediante la ecuación 2. En la imagen 16 se observa el proceso en ArcMap para aplicar la función de densidad Kernel.

Ecuación 2. Área de un círculo

$$\text{Área} = \pi * (r)^2$$

Donde:

π : relación entre el diámetro y la longitud de una circunferencia en geometría euclidiana

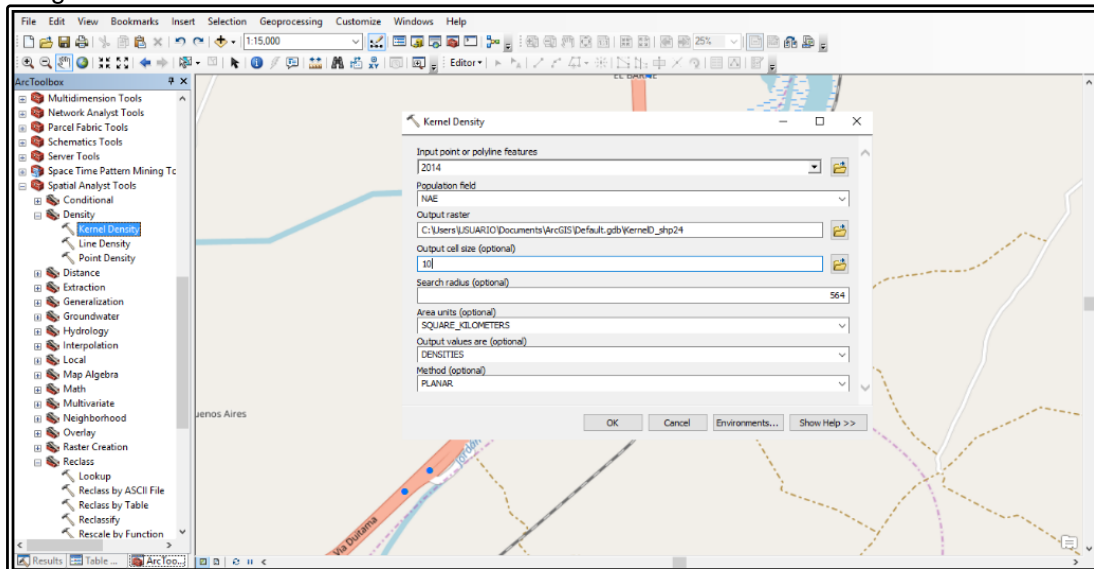
r: radio propuesto para el cálculo de densidad Kernel

$$1 \text{ Km}^2 = \pi * (r)^2$$

$$r = \sqrt{\frac{\pi}{1 \text{ Km}^2}}$$

$$r = 563 \text{ m}$$

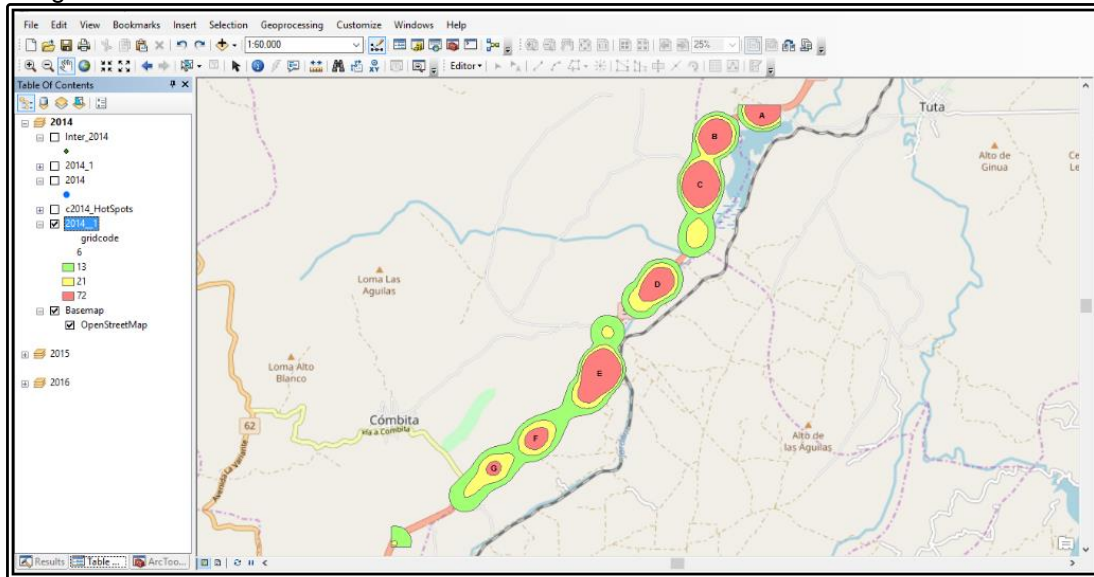
Imagen 16. Cálculo de la densidad



Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Esta herramienta aplica un área de búsqueda circular que establece la distancia para buscar los puntos o para expandir los valores alrededor de cada ubicación y así calcular un valor de densidad. Estos patrones espaciales se convierten en una gran ayuda a la hora de analizar el impacto de los accidentes en el tramo, ya que se logran visualizar los casos agrupados en unidades espaciales discretas como se muestra en la imagen 17. En el anexo A se muestran los mapas de densidad para cada año de estudio.

Imagen 17. Puntos críticos

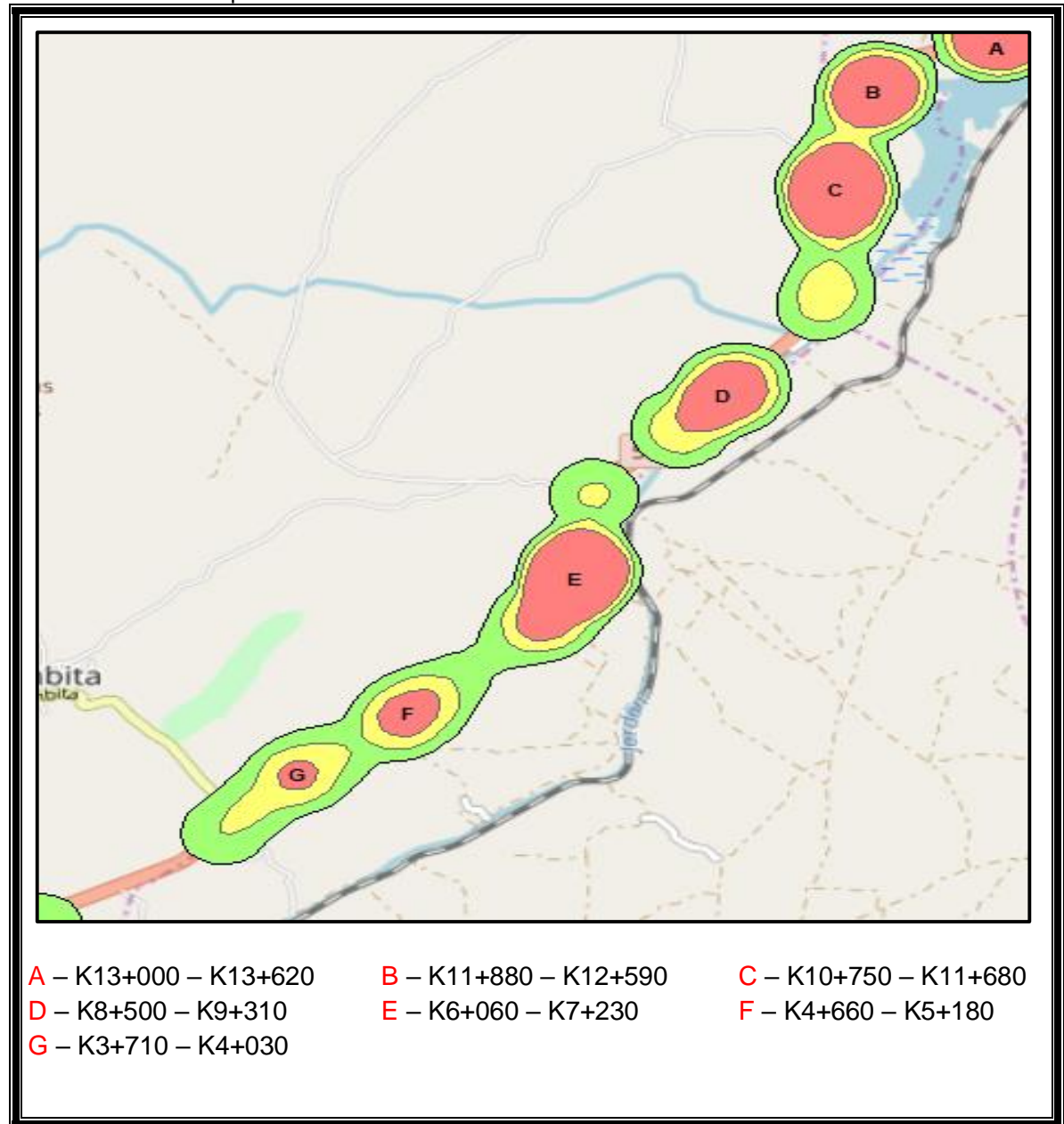


Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

4.3 OBTENCIÓN DE LOS SITIOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD

Al calcular la densidad Kernel, ArcMap representa la magnitud por área de cada accidente mediante diferentes tonalidades, en este caso se seleccionó el color rojo para los valores más críticos como se representa en la imagen 18. A cada punto de concentración se le atribuye una letra para facilitar su análisis en los tres años de estudio, 2014, 2015, 2016 se evidenció que no hay un cambio de área significativo en cada uno de los puntos de color rojo por ello se decidió tomar como puntos de análisis críticos para el trabajo en campo los pertenecientes al 2016 que se muestran en cuadro 6, en los cuadros 4 y 5 se muestra el análisis para el 2014 y 2015. Además, conociendo las abscisas del tramo se ubican los trayectos más críticos identificadas por la función de densidad.

Cuadro 4. Ubicación puntos críticos 2014

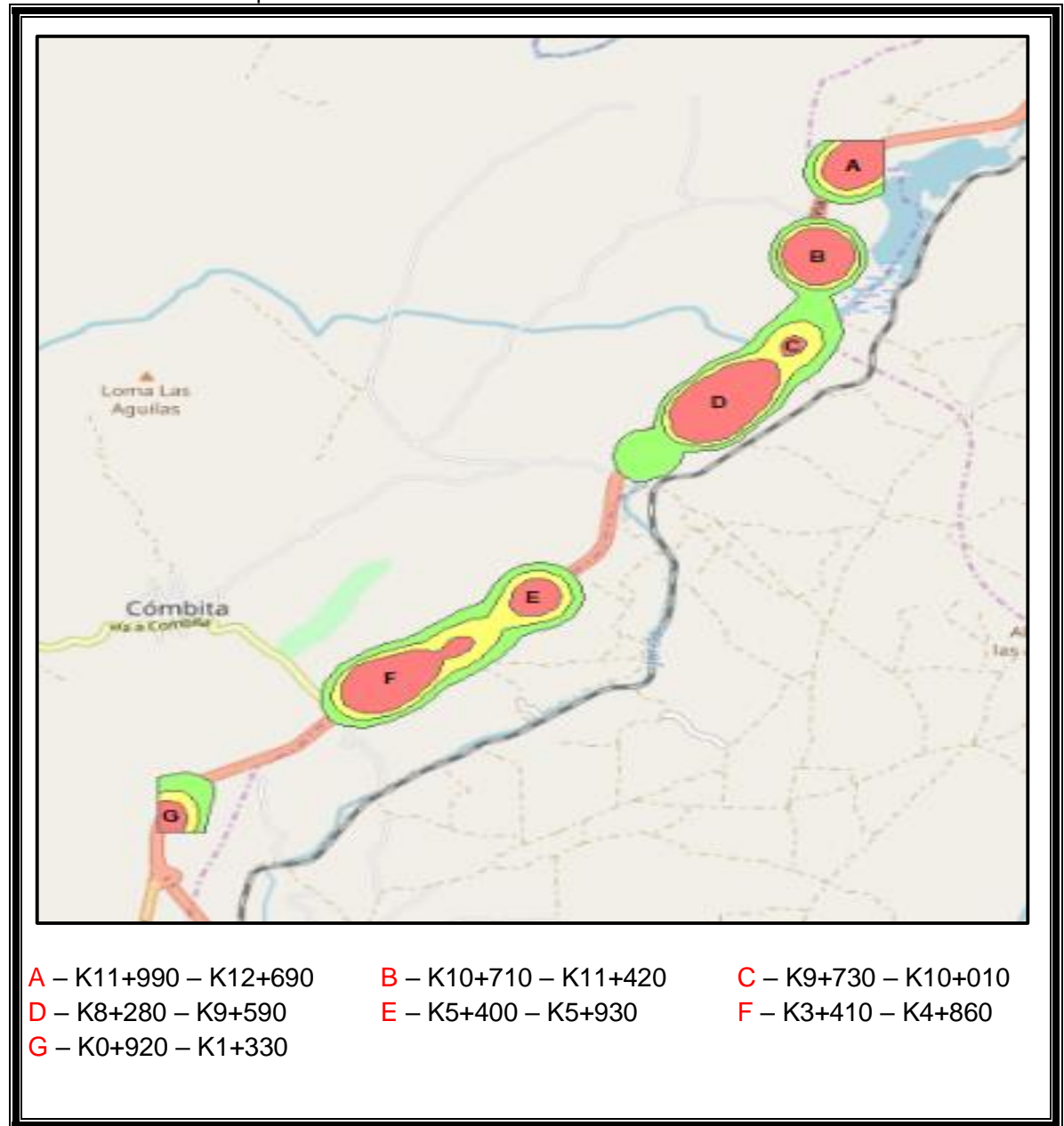


Fuente: Elaboración propia a partir de ArcMap

Como se observa en el cuadro 4, para el 2014 se detectaron siete puntos críticos enunciados por las letras A hasta G y representadas por una superficie de color rojo, para cada una de ellas se tiene una longitud que se representa mediante un intervalo de abscisas, en este año se observa que la mayor longitud se presenta en

el área E la cual se encuentra localizada en su mayoría en una curva horizontal localizada en el K6+060.

Cuadro 5. Ubicación de puntos críticos 2015

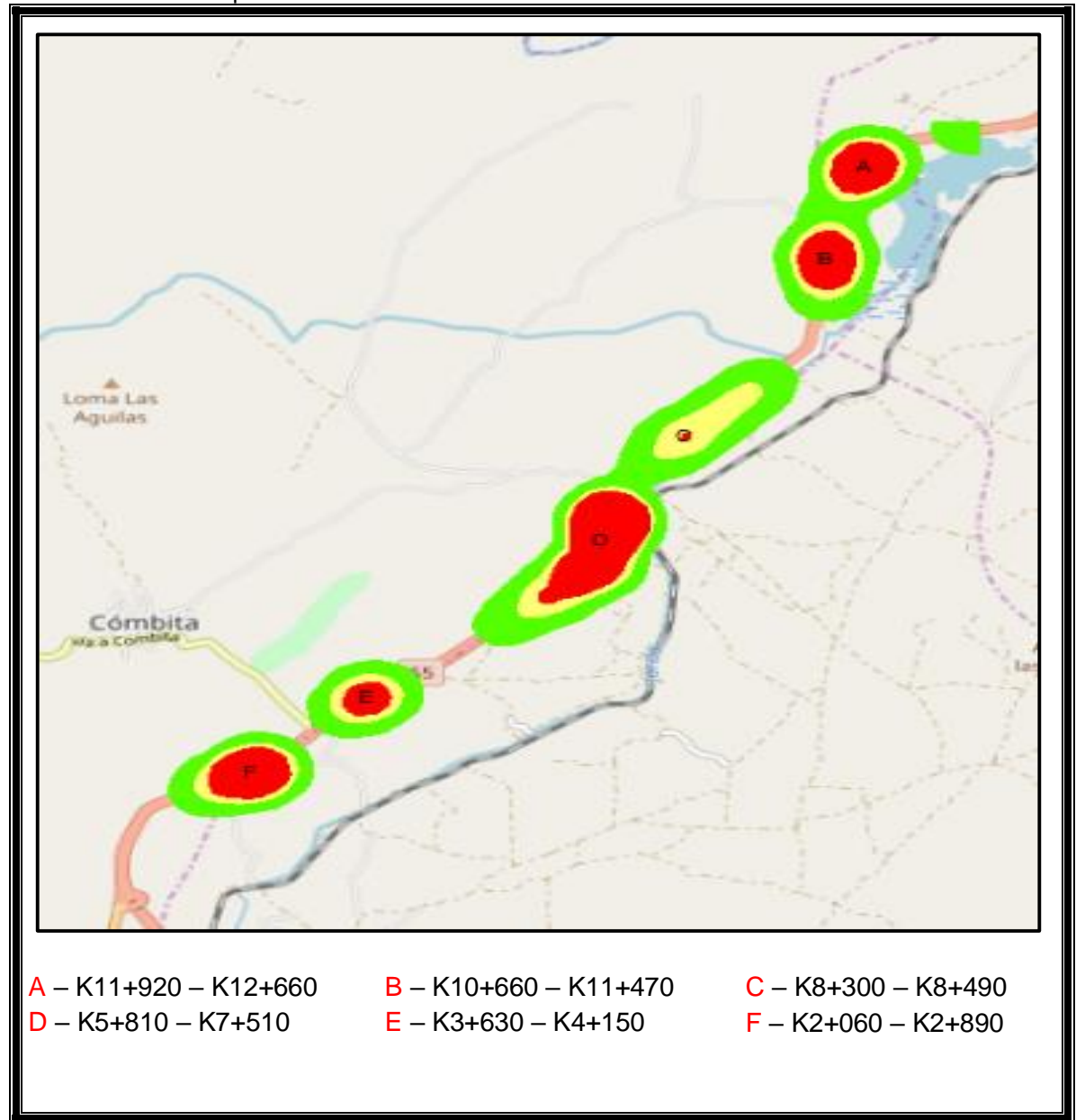


Elaboración propia a partir de ArcMap

En el 2015 representado por el cuadro 5, se observa que se disminuye considerablemente la ocurrencia de accidentes en los puntos C, E, se incrementa

en los puntos D, F y el punto G cambia su localización y ahora se ubica entre las abscisas K0+920 – K1+330 en la primera curva que se presenta en el recorrido.

Cuadro 6. Ubicación puntos críticos 2016



Elaboración propia a partir de ArcMap

En el cuadro 6 que corresponde al año 2016, el punto G desaparece y el D se incrementa, además de que se sitúa en el lugar donde en el 2014 el punto E se

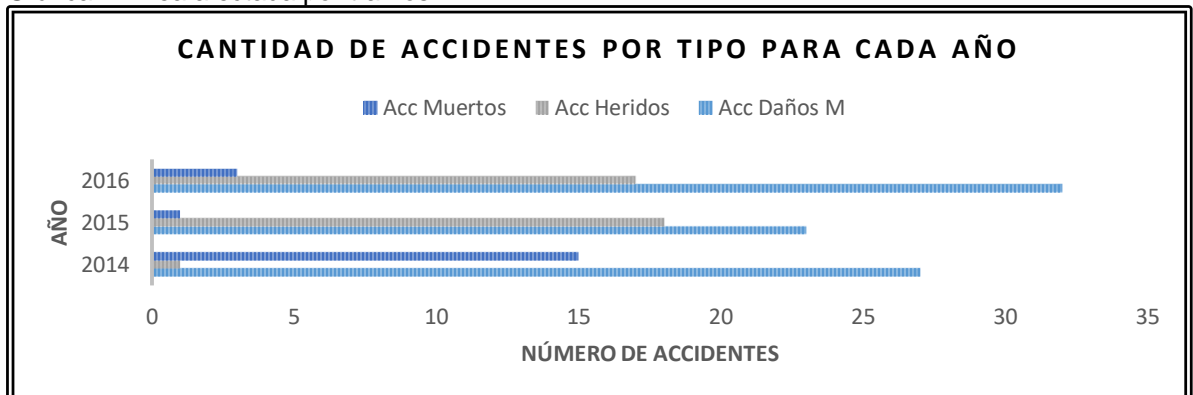
encontraba, C disminuye casi en su totalidad y A, B se mantienen. Esto supone que para el 2016 las condiciones de seguridad en la vía fueron inseguras y no mejoraron mucho su condición con respecto al año inmediatamente anterior.

4.4 ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTALIDAD

Buscando establecer objetivos y, al mismo tiempo, evaluar el comportamiento de las medidas de seguridad vial, se hace indispensable el definir diferentes variables que puedan ser medibles, es por ello que recurriendo a la información obtenida se analizaron las bases de datos y se obtuvieron diferentes conclusiones en la medida en la que estos datos se entrelazaron.

A continuación, se expondrán los datos que ejemplifican como se comportó el tramo durante los tres años de estudio (2014, 2015, 2016) mediante diversas graficas las cuales se distribuyen y clasifican por año y punto crítico, factores claves a comprender para identificar las falencias en materia de seguridad vial.

Gráfica 2. Área afectada por tramos



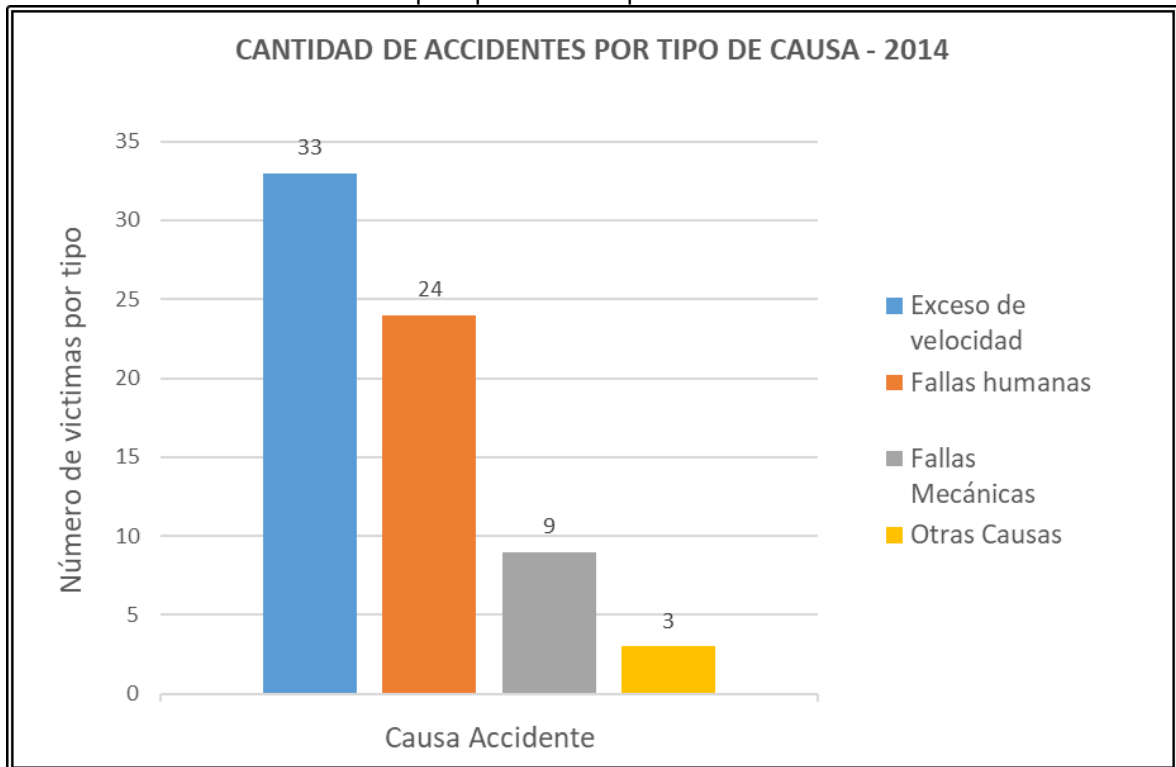
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica número 2 se tiene la comparación de los accidentes los cuales se clasificaron a través de muertos, heridos y daños materiales, en los que se presentan muertos ha disminuido sustancialmente entre el 2014 y 2016, teniendo un pequeño incremento en el 2016 en referencia al año inmediatamente anterior. Los heridos han aumentado situándose como una variable a analizar debido a que pueden presentarse falencias en la infraestructura vial que incentiven los accidentes

leves que pueden terminar en fatalidades, los daños materiales presentan una estabilidad en cada uno de los años con cifras muy similares.

4.4.1 Cantidad de accidentes por tipo de causa para cada año. En las gráficas 3, 4, 5 las cuales se muestran a continuación, se evidencian las causas que ocasionaron los accidentes en cada uno de los años que se utilizaron para la ASV.

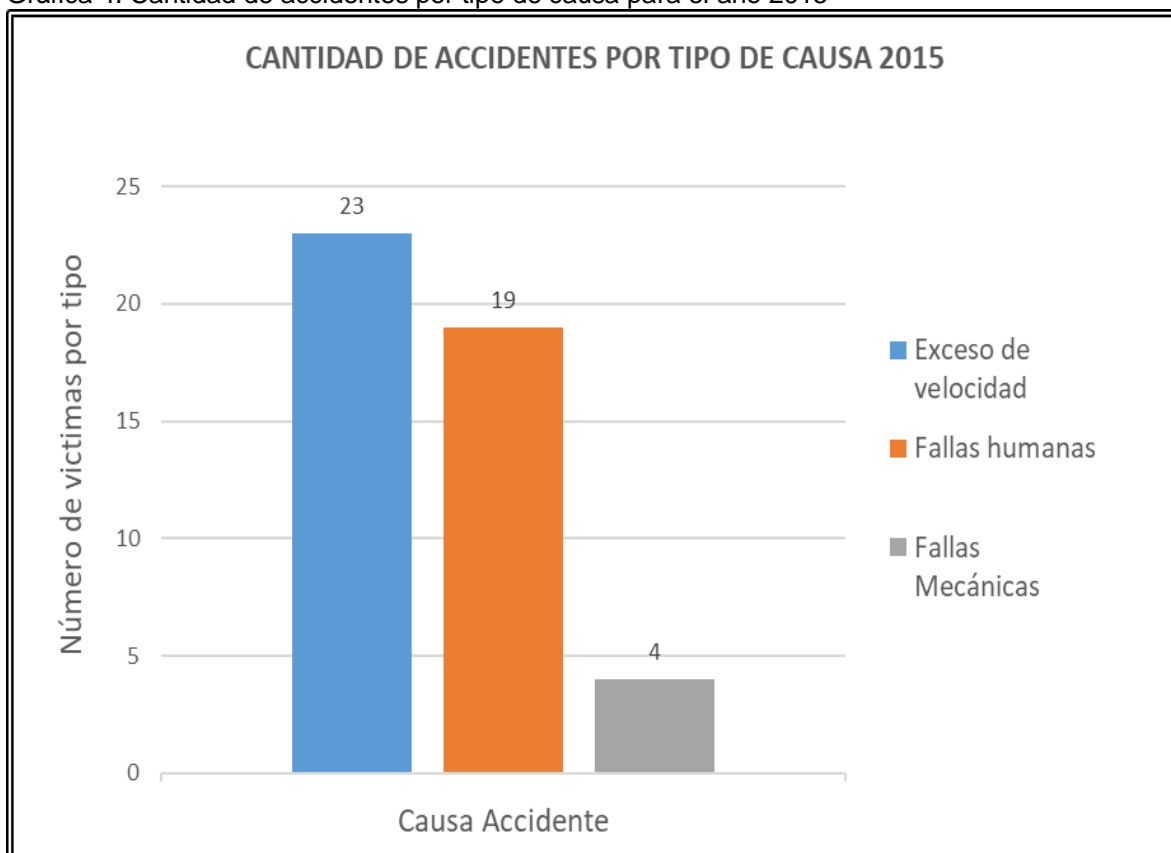
Gráfica 3. Cantidad de accidentes por tipo de causa para el año 2014



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica 3, para el 2014 el exceso de velocidad fue el parámetro que más ocasionó accidentes en el tramo, seguido de las fallas humanas siendo este el segundo parámetro más importante y finalmente se encuentran las fallas mecánicas y otras causas las cuales no han sido registradas en la base de datos de accidentalidad.

Gráfica 4. Cantidad de accidentes por tipo de causa para el año 2015

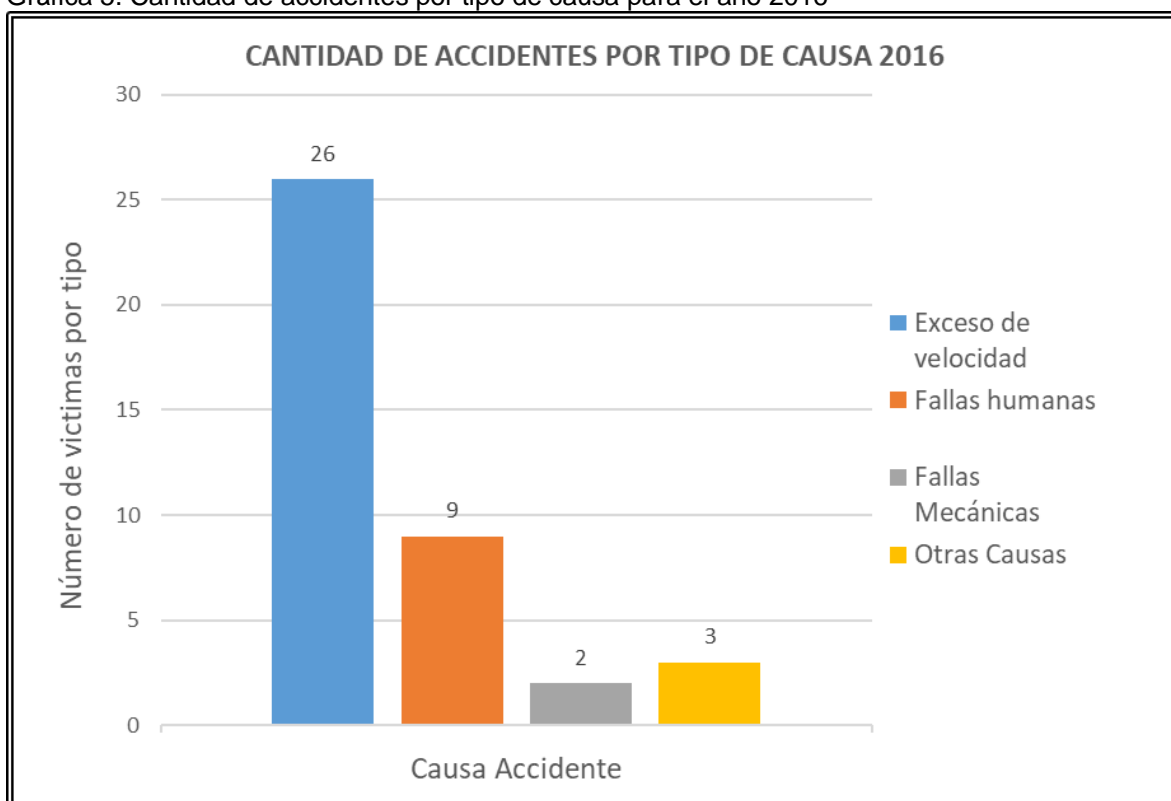


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4 la cual representa las causas que ocasionaron accidentes en el 2015 el exceso de velocidad al igual que en el 2014 es la causa que tiene un mayor número de accidentes, y de igual manera las fallas humanas y mecánicas ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente, lo que lleva establecer una tendencia en las causas de accidentalidad.

Así mismo como se observa en la gráfica 5 para el 2016 no cambia la tendencias ya que son estos mismos parámetros los que siguen predominando sobre las causas de accidentalidad en el tramo, allí la imprudencia de los conductores al circular por la vía, estableciendo velocidades que no son las adecuadas para que el diseño de la infraestructura vial brinde seguridad y comodidad es la principal causante de muertos y heridos para los tres años utilizados en el estudio.

Gráfica 5. Cantidad de accidentes por tipo de causa para el año 2016

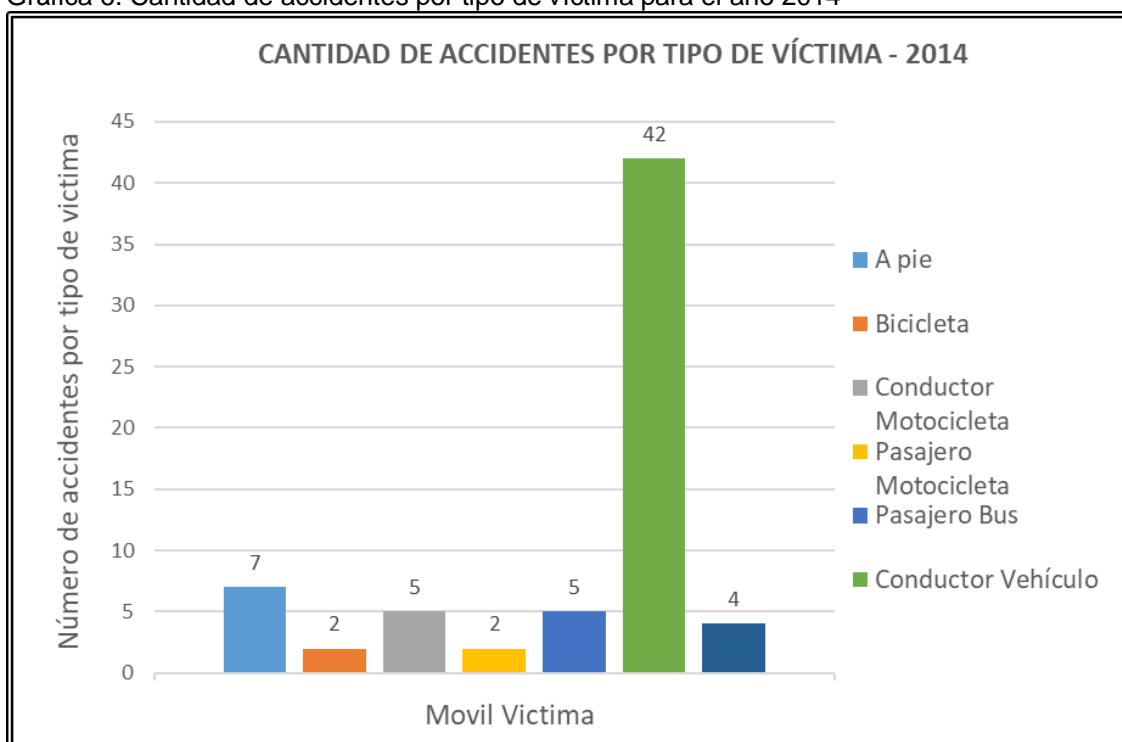


Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Cantidad de accidentes por tipo de víctima para cada año. Obtenida la causa más frecuente de los accidentes ocurridos en la vía, se puede verificar en las gráficas 6, 7, 8 las principales víctimas que se presentan en el tramo, las cifras se justifican y evidencian que los conductores de los vehículos son aquellos que se ven más involucrados en los accidentes que se presentan a lo largo del tramo.

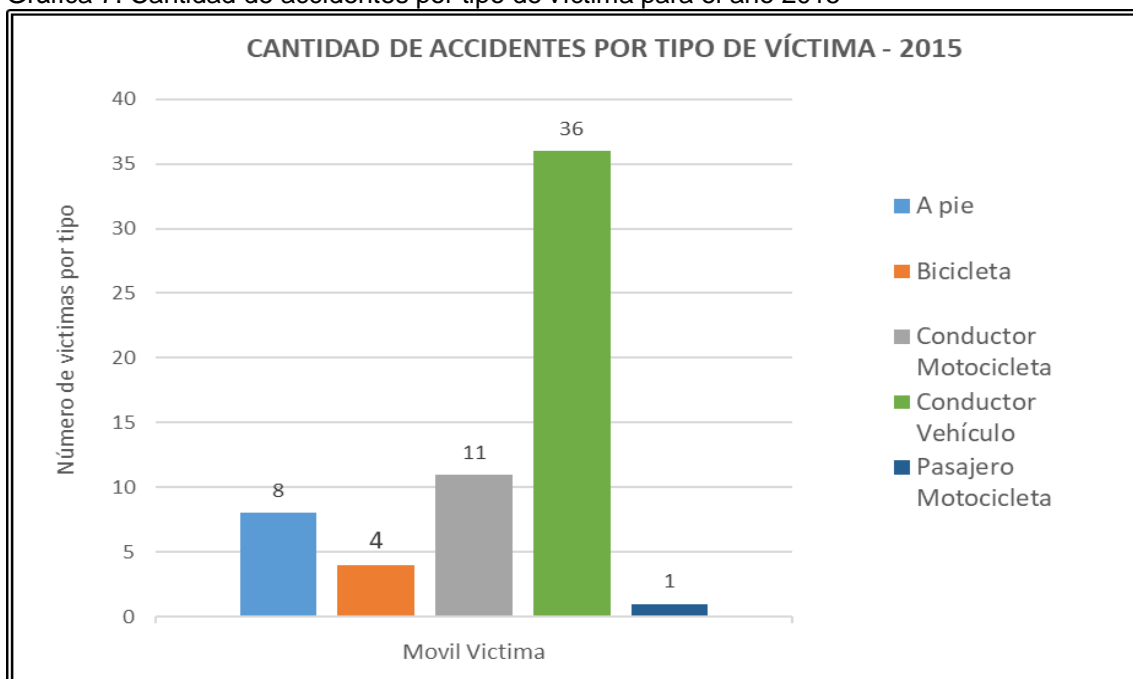
Como se observa en la gráfica 6 el parámetro que se identifica como “conductor vehículo” claramente es mayor a los demás, para el 2014, se presentaron 42 accidentes en los cuales alguna de las víctimas del accidente es el conductor de un vehículo, seguido por víctimas a pie lo que resulta preocupante ya que indica a simple vista que sobre el tramo no hay condiciones de seguridad para las personas que transitan a pie por la misma.

Gráfica 6. Cantidad de accidentes por tipo de víctima para el año 2014



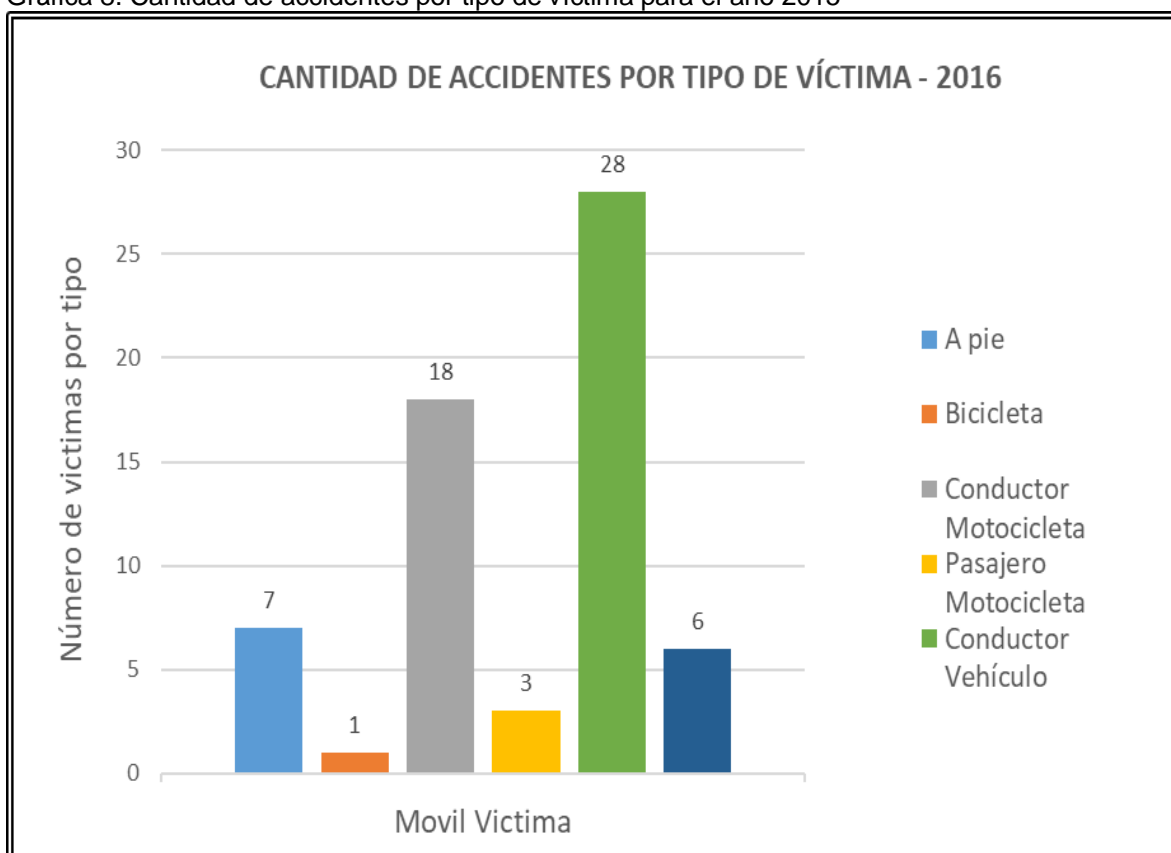
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7. Cantidad de accidentes por tipo de víctima para el año 2015



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8. Cantidad de accidentes por tipo de víctima para el año 2015



Fuente: Elaboración propia

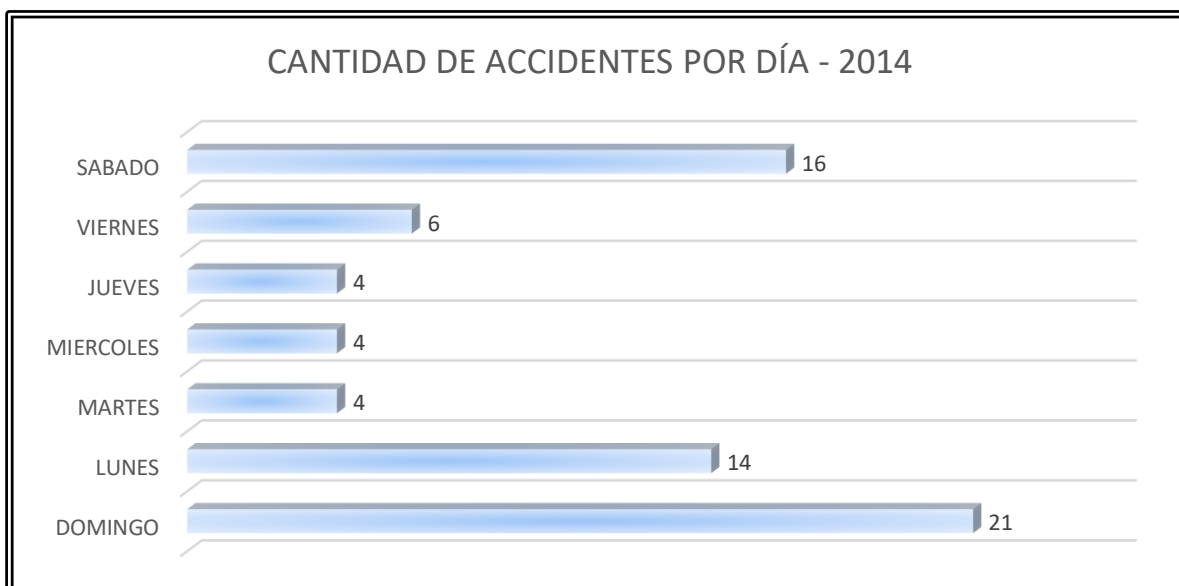
En las gráficas 7, 8 se observa que el conductor vehículo sigue siendo el parámetro a observar, aunque se evidencia como del 2015 al 2016 se incrementa el número de víctimas que conducen motocicleta, el creciente incremento del uso de este medio de transporte y lo inseguro que puede llegar a ser, es un dato a tener en cuenta, debido a que, si no se busca identificar la fuente de ellos, se incrementará de manera progresiva como ya lo viene haciendo.

Interrelacionando las estadísticas anteriores que involucran velocidad como causa del siniestro y la víctima como el conductor del vehículo o de la motocicleta, se puede concluir que esta relación es consecuente teniendo en cuenta que al rebasar el límite de velocidad establecido en la vía el vehículo puede salirse de la calzada o colisionar con alguna barrera, un semoviente u otro vehículo ocasionando que el conductor pueda llegar a sufrir daños o inclusive la muerte.

4.4.3 Cantidad de accidentes para cada día de la semana por año. Los días en los que ocurren los accidentes son importantes para determinar variables que pueden demostrar características frente al por qué suceden los siniestros en la vía. Para esta ASV en la que se utilizaron tres años de estudio se evidenció que los días de ocurrencia, varían mucho en relación de uno a otro.

La gráfica 9 muestra que para el año 2014 el día en el que más ocurren accidentes es el domingo, seguido del sábado y lunes, con 21, 16 y 14 accidentes respectivamente.

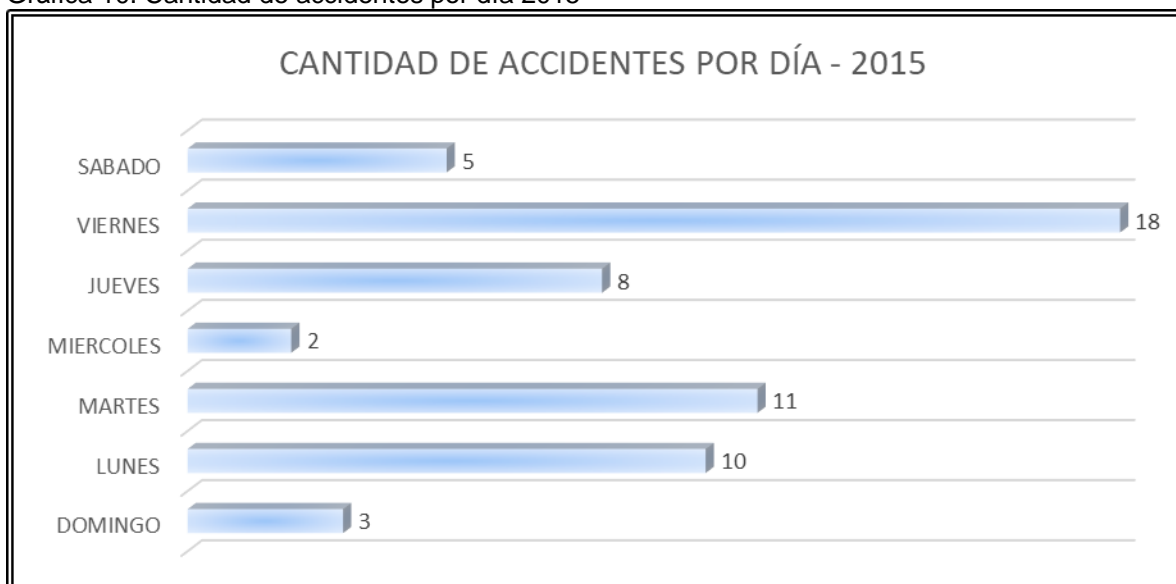
Gráfica 9. Cantidad de accidentes por día 2014



Fuente: Elaboración propia

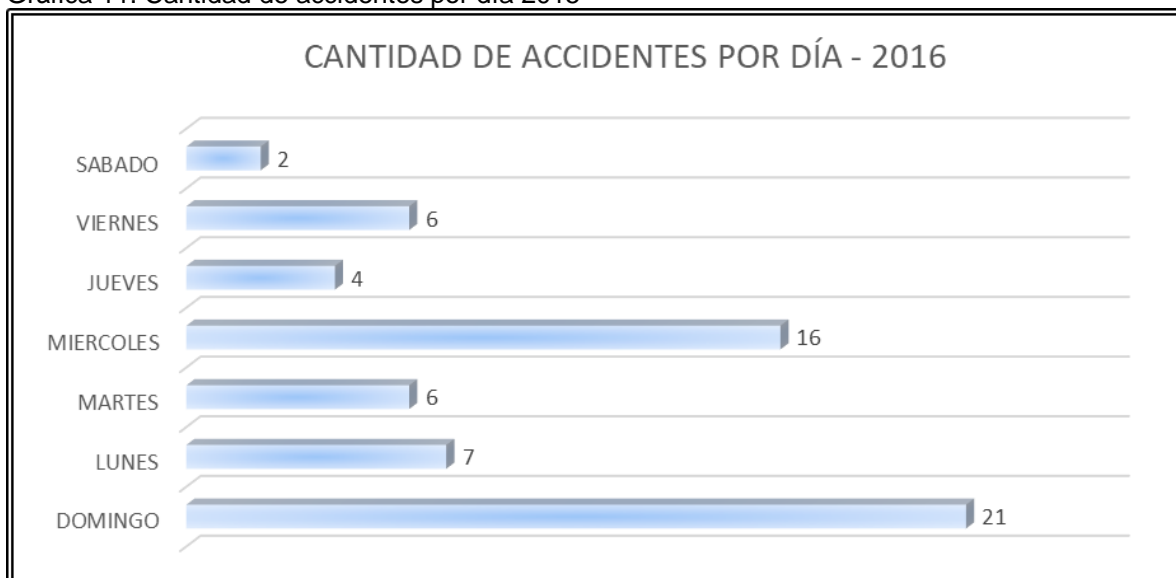
Para el 2015 y 2016 que se muestra en las gráficas 10, 11 el viernes se muestra como el día que más accidentes tiene con 18 seguido del martes, para el 2016 como en el 2014 el domingo es el día a observar con 21 accidentes, investigando en la zona se determinó que en varias veredas de los municipios aledaños se presenta gran flujo de vehículos de carga, los cuales llegan a distintos lugares de acopio de los alimentos que se producen en la región para ser comprados para su posterior distribución, así mismo el día domingo es un día atípico para el flujo de tránsito teniendo en cuenta que hay movimiento vehicular por retornos a ciudades de origen bien sea por turismo o viajes de estudio o trabajo teniendo en cuenta los polos que se encuentran en la zona, que generan y atraen viajes.

Gráfica 10. Cantidad de accidentes por día 2015



Fuente: Elaboración propia

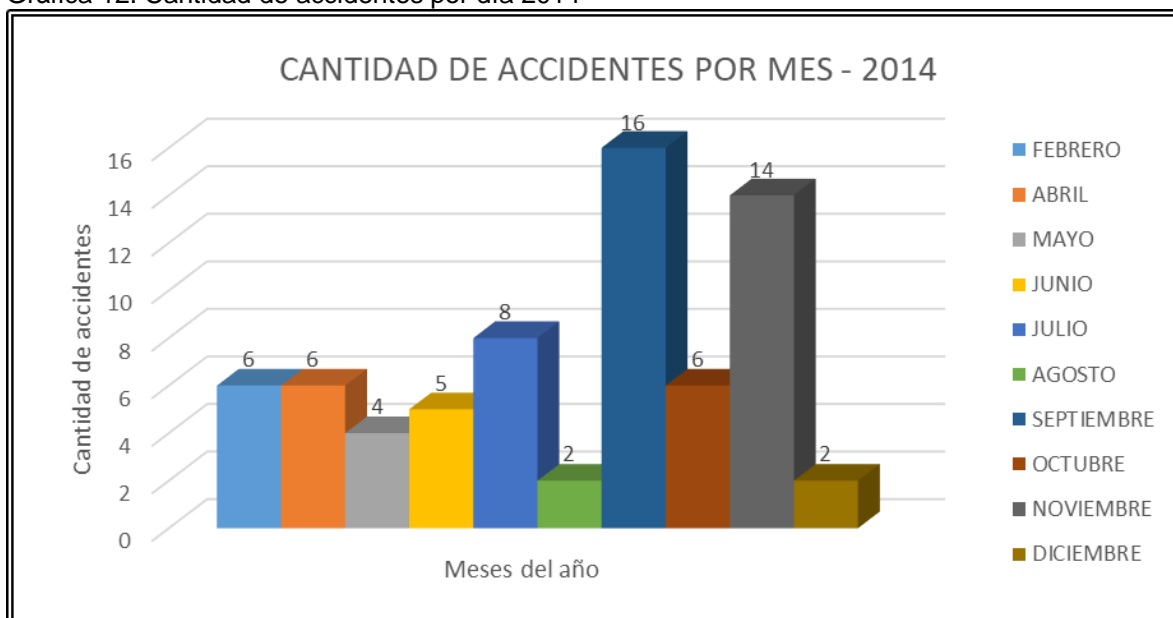
Gráfica 11. Cantidad de accidentes por día 2016



Fuente: Elaboración propia

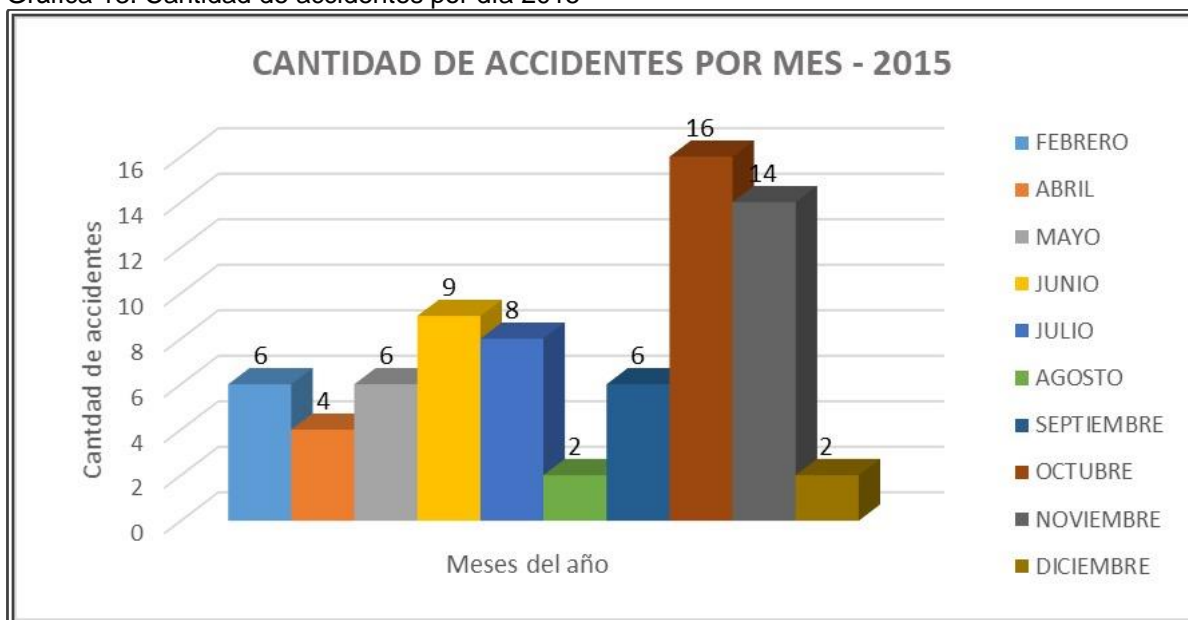
4.4.4 Cantidad de accidentes por mes para cada año. En la gráfica 12 se tienen los accidentes que ocurren en cada uno de los meses para el año 2014, en el cual la mayor cantidad se presentó en el mes de septiembre con 16 accidentes. Algo singular debido a que no representa una época de mucho flujo vehicular.

Gráfica 12. Cantidad de accidentes por día 2014



Fuente: Elaboración propia

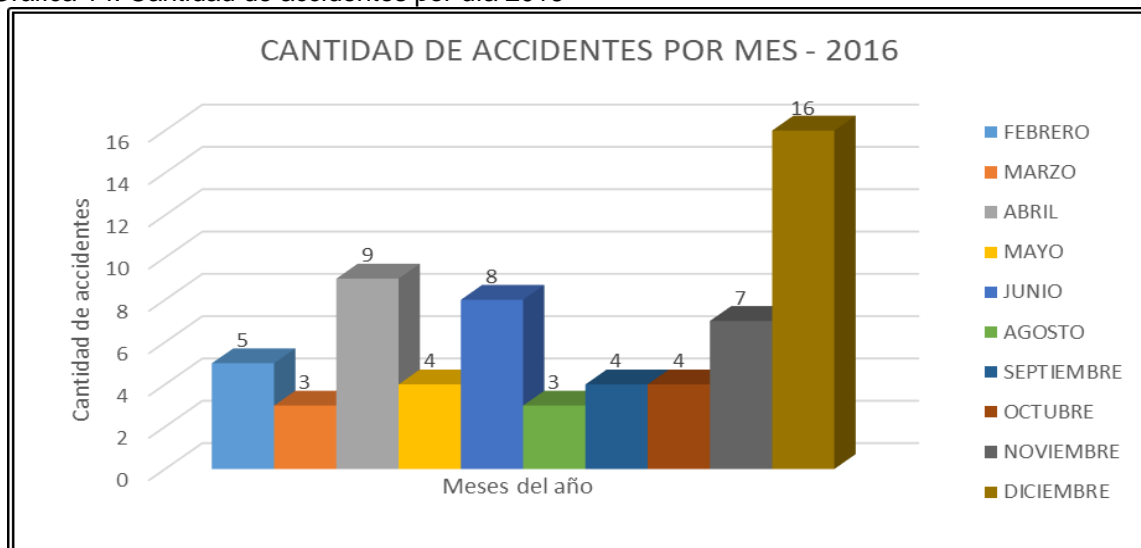
Gráfica 13. Cantidad de accidentes por día 2015



Fuente: Elaboración propia

En el 2015 que se observa en la gráfica 13 se presenta una cantidad similar de accidentes para febrero y mayo con 12 y 11 respectivamente.

Gráfica 14. Cantidad de accidentes por día 2016



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 14 el 2016 presenta diciembre como el mes más relevante, con 16 accidentes ocurridos, de los cuales, 14 presentaron como móvil agresor un vehículo.

4.4.5 Cantidad de accidentes por punto crítico. En el cuadro 5 se muestran los accidentes que ocurrieron en los puntos críticos para cada año, se observa una disminución considerable del primer al último año.

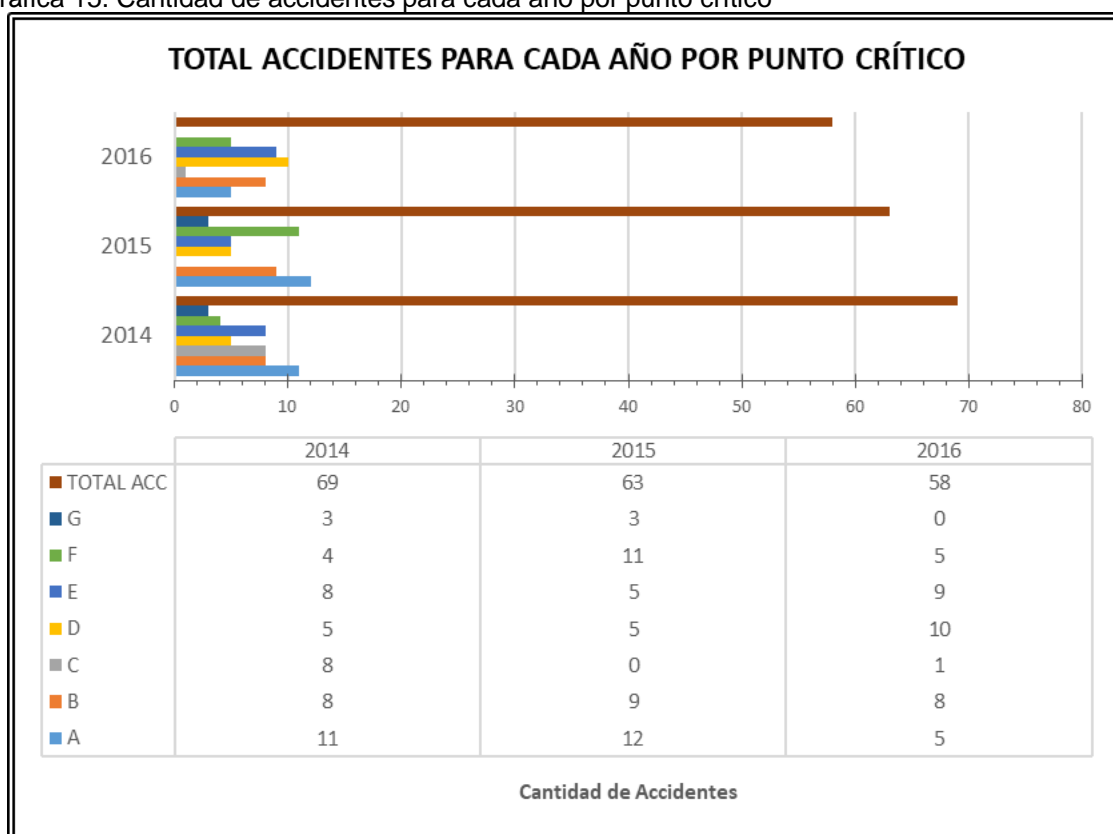
Cuadro 7. Ubicación puntos críticos 2015

<i>Puntos Críticos</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>
A	11	12	5
B	8	9	8
C	8	0	1
D	5	5	10
E	8	5	9
F	4	11	5
G	3	3	0
TOTAL ACC	69	63	58

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 14 se muestran cada uno de los puntos que se obtuvieron mediante el análisis de densidad Kernel, los de mayor magnitud teniendo en cuenta el número de accidente equivalente se distribuyeron de A hasta G sin que su nivel de gravedad tenga conexión con el orden de distribución, el punto que más disminuye desde el 2014 en número de accidentes es el punto A teniendo 12 accidentes para el 2015 y para el año siguiente solo cuenta con 5, el punto que aumento de manera significativa fue el D con 10 accidentes para el 2016, duplicando la cifra que se tenía para el año inmediatamente anterior.

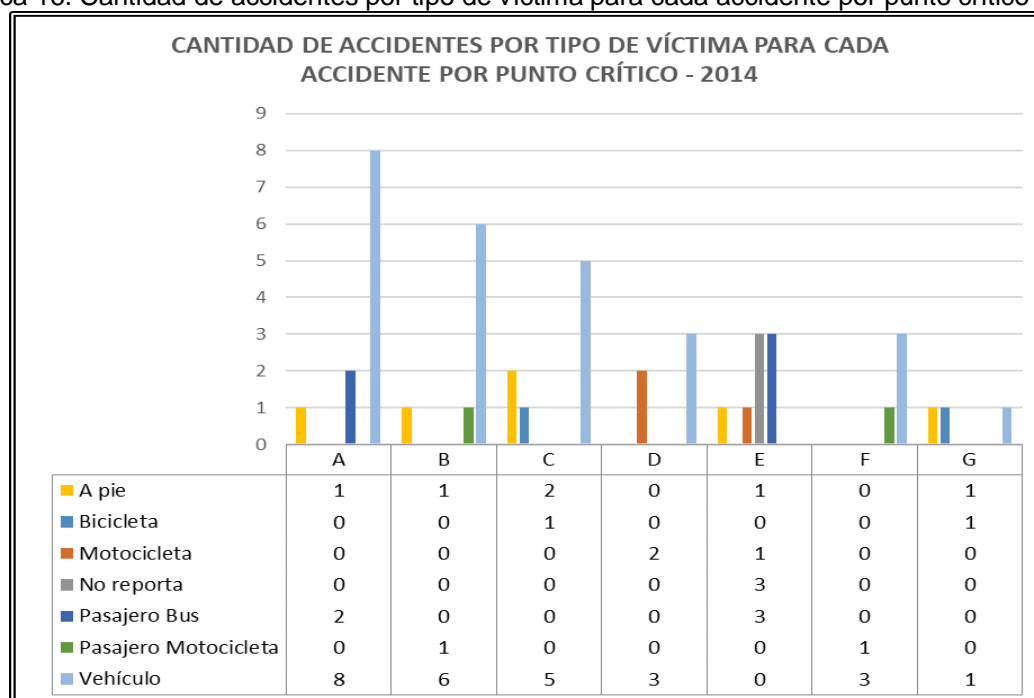
Gráfica 15. Cantidad de accidentes para cada año por punto crítico



Fuente: Elaboración propia

4.4.6 Tipo de víctima por accidente para cada punto crítico por año. Como se observa en la gráfica 16 para el 2014 se presentaron 69 accidentes de los cuales 11 sucedieron en el punto A convirtiéndose en el punto crítico con mayor ocurrencia de accidentes. De los siete parámetros, a pie, bicicleta, motocicleta, no reporta, pasajero bus, pasajero motocicleta y vehículo, el vehículo es el que más presenta víctimas para todos los puntos críticos del tramo.

Gráfica 16. Cantidad de accidentes por tipo de víctima para cada accidente por punto crítico 2014



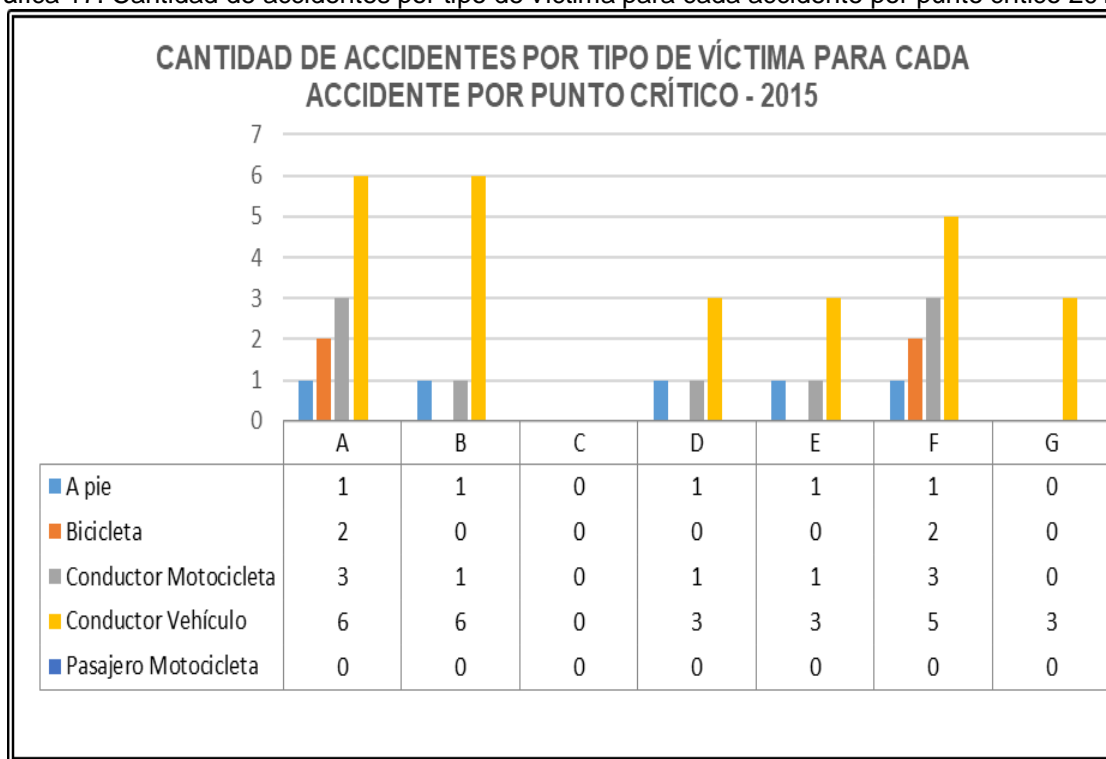
Fuente: Elaboración propia

Para la gráfica 17 que representa las víctimas para cada punto crítico en el año 2015; como en el 2014, la víctima más recurrente es el conductor vehículo, el cual sigue siendo el parámetro que más se presenta en todos los puntos críticos del tramo.

Y para el 2016 en la gráfica 18 se observa que la mayoría de víctimas son los conductores de los vehículos, siendo predominantes en 2 de los 7 puntos críticos, el punto B y E, para el punto A los motociclistas sobrepasan los conductores de vehículos, alertando de algún parámetro que se esté presentando en ese sector que se convierta en un lugar potencialmente peligroso para este tipo de víctima.

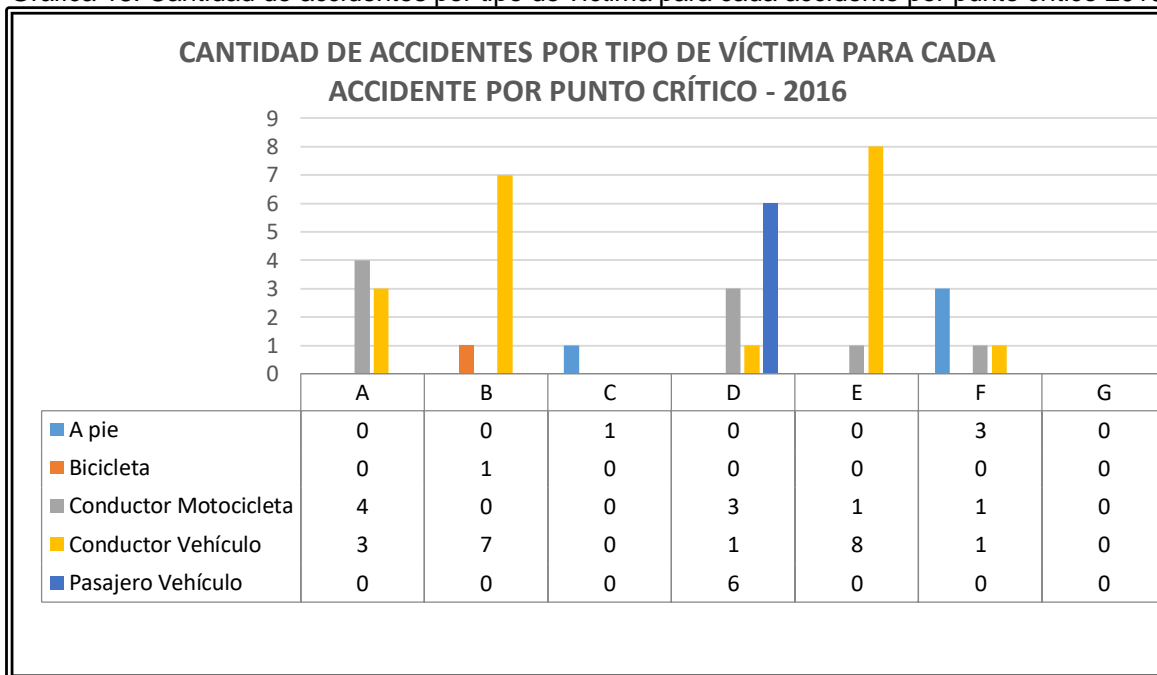
4.4.7 Accidentes por día para punto crítico. En la gráfica 19 se muestran los accidentes que ocurren en el transcurso de la semana, divididos por punto crítico y los siete días de la semana. Para el 2014 se presentaron 63 accidentes, de los cuales el 10% se ubicaron en el punto E el día domingo.

Gráfica 17. Cantidad de accidentes por tipo de víctima para cada accidente por punto crítico 2015



Fuente: Elaboración propia

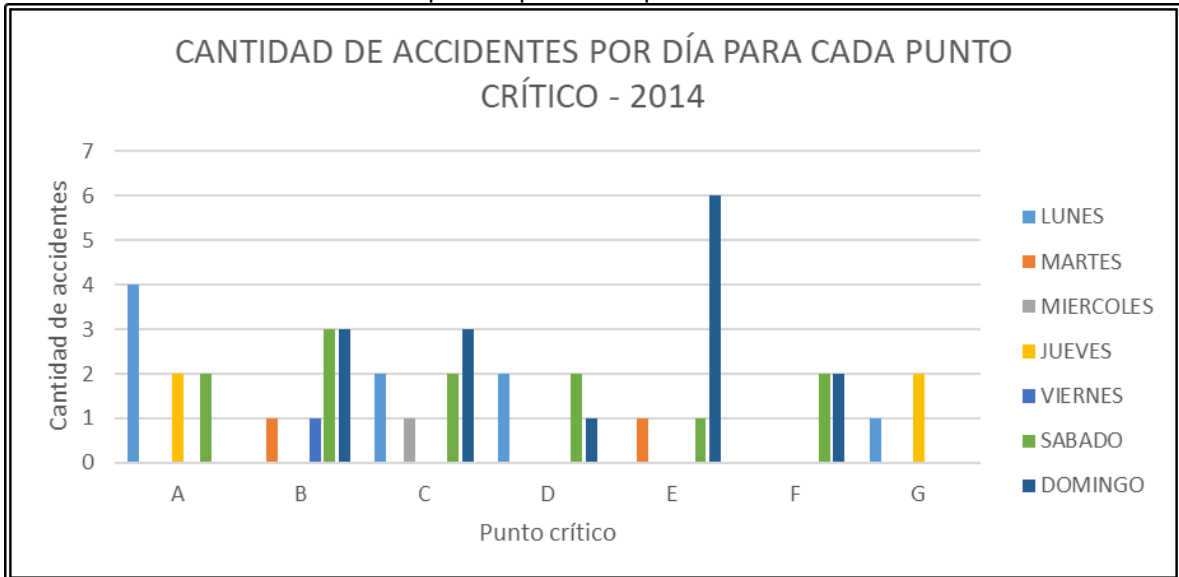
Gráfica 18. Cantidad de accidentes por tipo de víctima para cada accidente por punto crítico 2016



Fuente: Elaboración propia

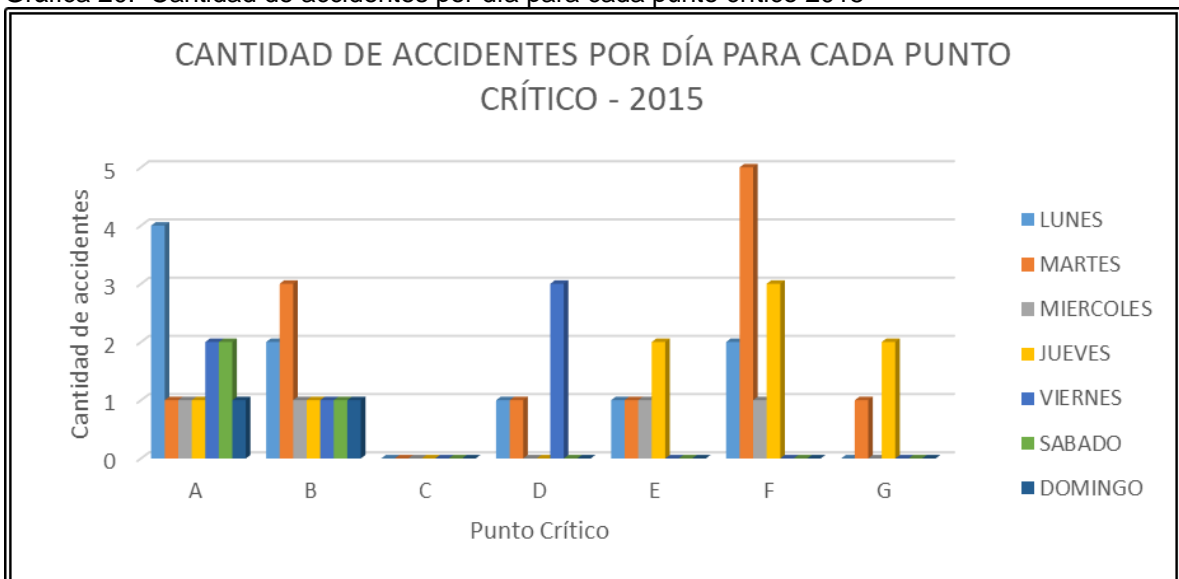
Para el 2015 la gráfica 20 muestra que la cantidad de accidentes en cada uno de los puntos críticos varía notablemente en los puntos críticos, siendo el punto F con el día martes, el parámetro con el valor más representativo.

Gráfica 19. Cantidad de accidentes por día para cada punto crítico 2014



Fuente: Elaboración propia

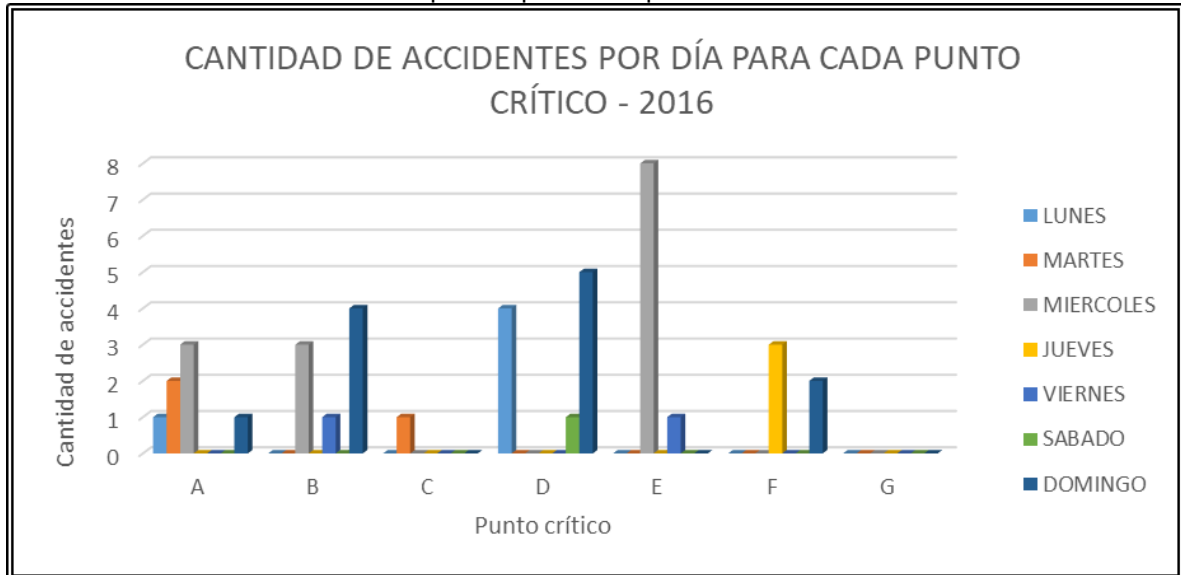
Gráfica 20. Cantidad de accidentes por día para cada punto crítico 2015



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 21 para el 2016 el día miércoles para el punto E represento el pico más alto para el año, este punto tuvo un incremento importante para el 2016, en el cual para el año inmediatamente anterior no se presentaron esta cantidad de accidentes.

Gráfica 21. Cantidad de accidentes por día para cada punto crítico 2016



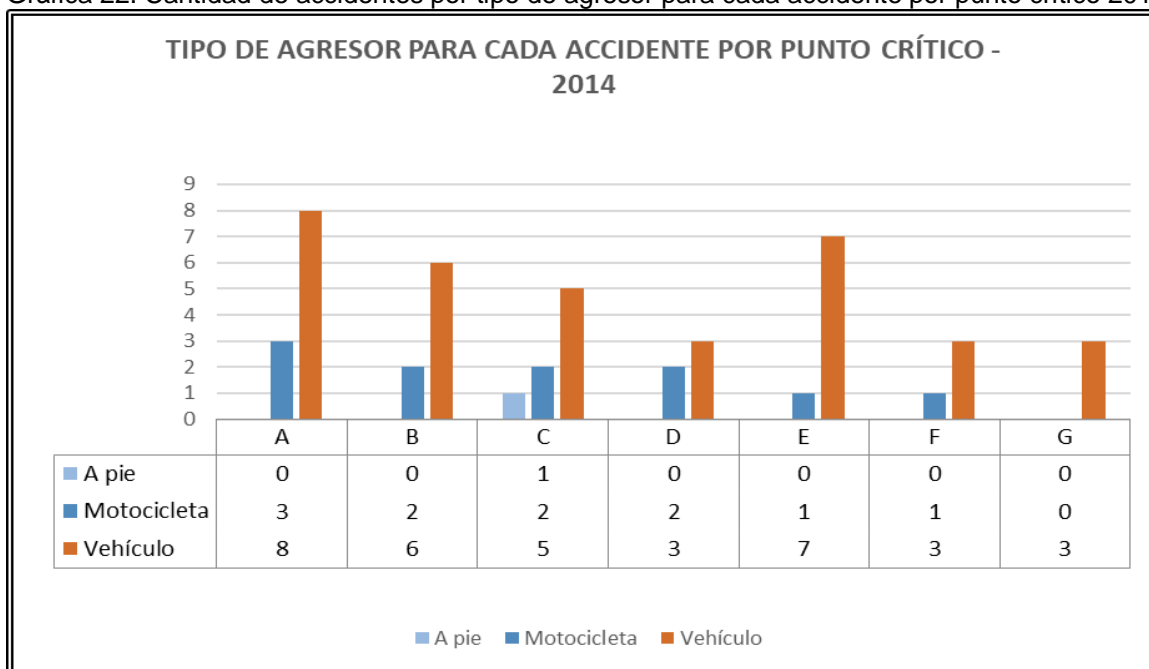
Fuente: Elaboración propia

4.4.8 Tipo de agresor para cada accidente por punto crítico. El agresor es una variable que representa una visión general de cuál es el usuario de la vía que más se involucra en los accidentes que ocurren en el tramo, puede referirse a comportamiento, deficiencias en la infraestructura o falta de prevención lo que puede coincidir con ello.

En la gráfica 22 la cual muestra los datos para el 2014, el agresor principal para todos los puntos es el vehículo, seguido de la motocicleta. Para el 2015 como se observa en la gráfica 23 el agresor que es representativo es el conductor de las motocicletas, el cual se presenta como actor principal en todos los puntos críticos.

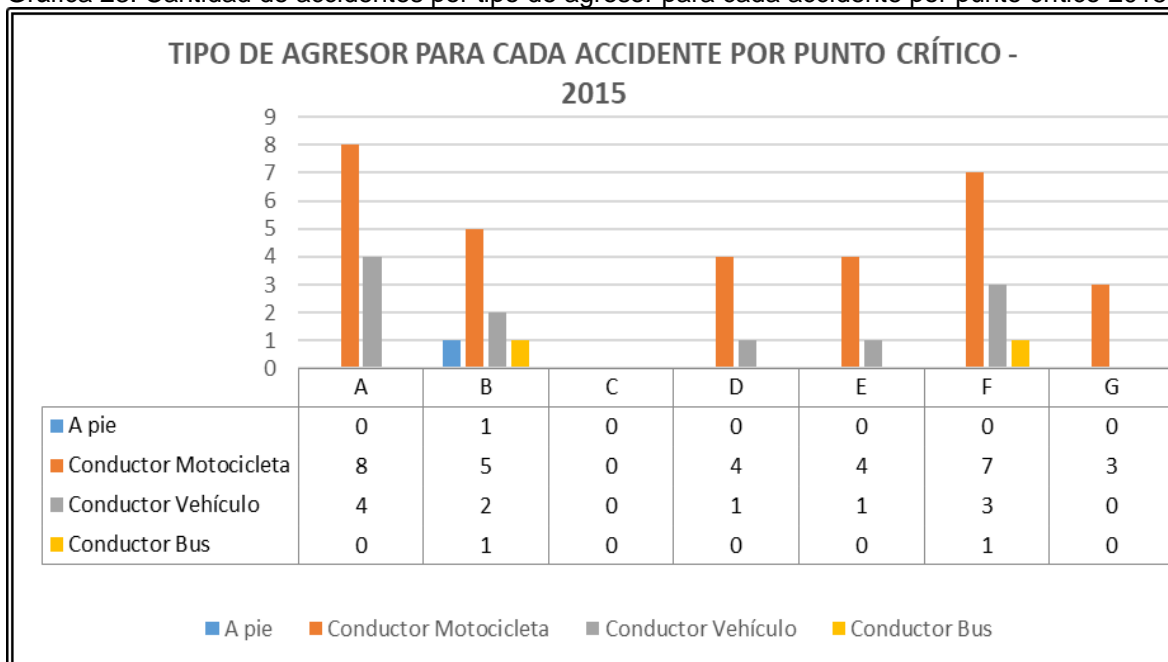
En la gráfica 24 para el 2016 el conductor de los vehículos se muestra como el agresor más representativo, presentándose en 5 de los 7 puntos críticos encontrados en el tramo de estudio.

Gráfica 22. Cantidad de accidentes por tipo de agresor para cada accidente por punto crítico 2014



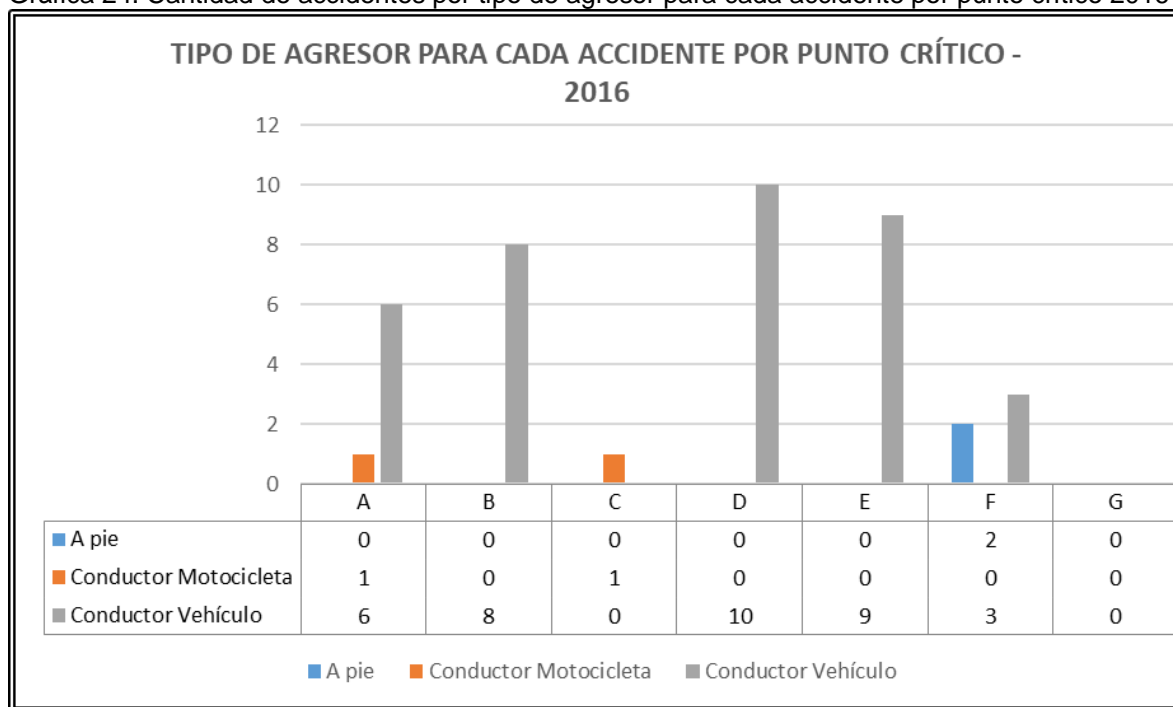
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 23. Cantidad de accidentes por tipo de agresor para cada accidente por punto crítico 2015



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 24. Cantidad de accidentes por tipo de agresor para cada accidente por punto crítico 2016



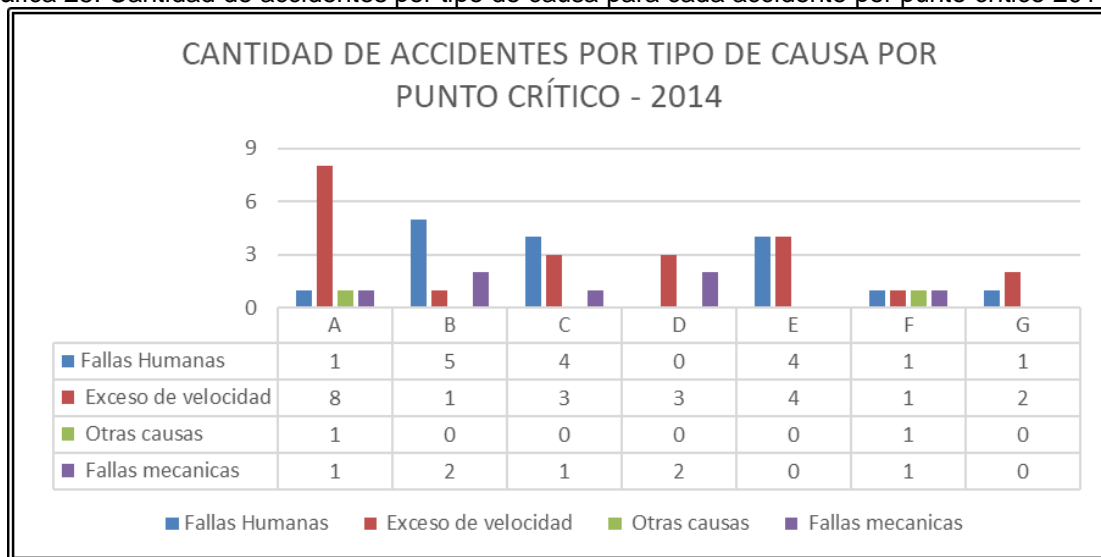
Fuente: Elaboración propia

4.4.9 Causas de accidentalidad. Clásicamente cuando se definen los factores de riesgo o causas en los accidentes de tránsito se tiene que hablar de factores o condiciones ambientales, físico – económicas, que involucran al usuario y al vehículo. En este apartado se observó que estos factores se representaban mediante diferentes causalidades las cuales se encontraban adjuntas en las bases de datos encontradas para los accidentes ocurridos en el tramo de estudio.

En las gráficas 25, 26, 27 el cambio que se da en las bases de datos, para algunos años más detalladas que para otros por causa para cada accidente, esto puede dar indicios de la poca credibilidad de los datos que ofrece el gobierno nacional y sus diferentes entes en el manejo de los accidentes de tránsito para el país. Se observa en las gráficas 25, 26, 27 que el exceso de velocidad es un problema recurrente en todos los años, el comportamiento de los usuarios frente a las restricciones que condicionan la seguridad de la vía no es el óptimo, ocasionando que estas cifras se mantengan.

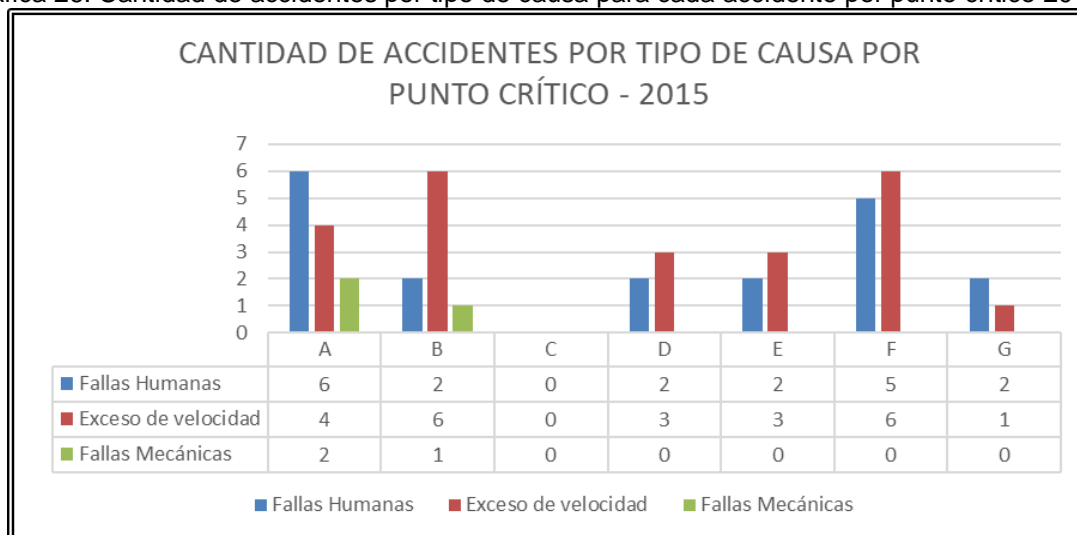
Las fallas humanas no se presentan en igual proporción que el exceso de velocidad ni las otras causas, el hecho de que se presenten más accidentes de este tipo en los puntos críticos, puede indicar que la vía no ofrece a los usuarios la seguridad que se requiere y que, por el contrario, a los accidentes por causa de las fallas mecánicas del vehículo, no son esporádicas y se incrementan en un punto por factores asociados al estado de la infraestructura y generan inseguridad al usuario.

Gráfica 25. Cantidad de accidentes por tipo de causa para cada accidente por punto crítico 2014



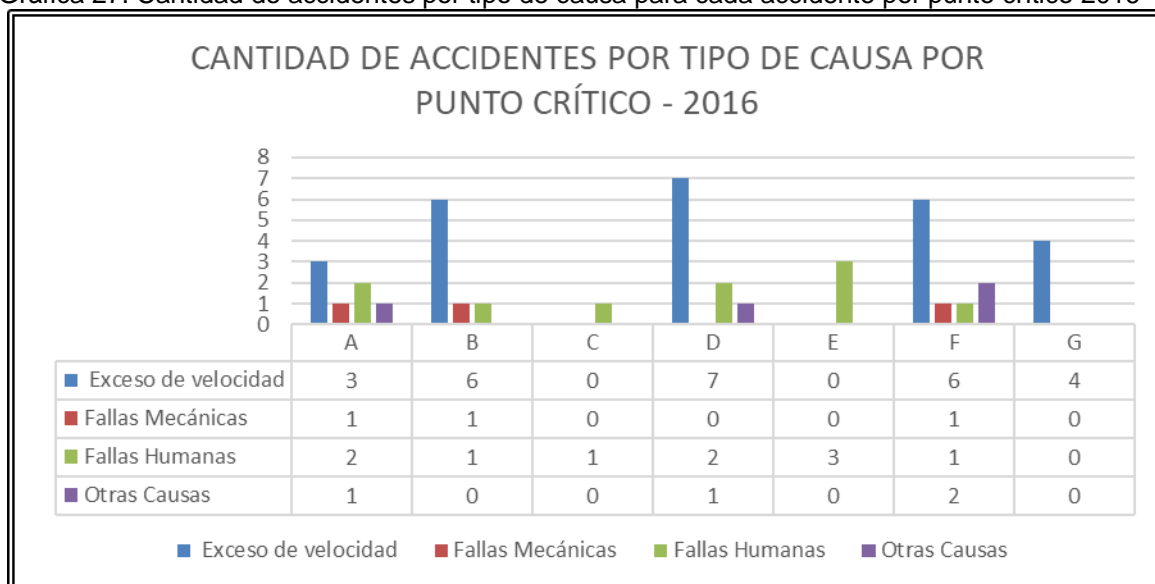
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 26. Cantidad de accidentes por tipo de causa para cada accidente por punto crítico 2014



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 27. Cantidad de accidentes por tipo de causa para cada accidente por punto crítico 2016



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los análisis efectuados anteriormente, es claro que la causa principal de accidentalidad tanto en la totalidad del tramo de estudio como en los puntos de concentración de accidentes es el exceso de velocidad que año tras año predomina sobre otras causas que inciden en los accidentes del sector, lo que conlleva a que sea el conductor del vehículo o de la motocicleta quien resulte como víctima de los siniestros.

4.5 VELOCIDAD DE OPERACIÓN

En este apartado se efectúa una tabulación e interpretación de los datos (velocidades) que se recolectaron en el tramo de estudio con el fin de verificar que tan correcto es el comportamiento de los usuarios frente a la velocidad de operación que establécela normativa de la vía. La metodología para la recolección de esta información se presenta en el capítulo 3.

4.5.1 Distribución de frecuencias. Se obtienen (10) intervalos según el tamaño de la muestra que corresponde a 120 datos, como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Número de intervalos según tamaño de la muestra

Tamaño de la muestra (n)	Número de intervalos (m)
50 - 100	7--8
100 - 1.000	10--11
1.000 - 10.000	14--15
10.000 - 100.000	17--18
Mayor de 100.000	$1+3.33 \log_{10} n$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

Se determina el ancho de intervalo por medio de la ecuación 3.

Ecuación 3. Determinación de ancho de intervalo

$$\text{Ancho del intervalo} = \frac{\text{Amplitud total}}{m}$$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

En dónde:

Amplitud total: diferencia entre la velocidad máxima y mínima

Reemplazando:

$$\text{Ancho del intervalo} = \frac{128 \frac{\text{Km}}{\text{h}} - 69 \frac{\text{Km}}{\text{h}}}{10} = 6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Se asume un ancho de intervalo en 6 Km/h. En el cuadro 9 se evidencian los diferentes parámetros y variables que con la ayuda de Excel se calcularon para determinar la velocidad de operación.

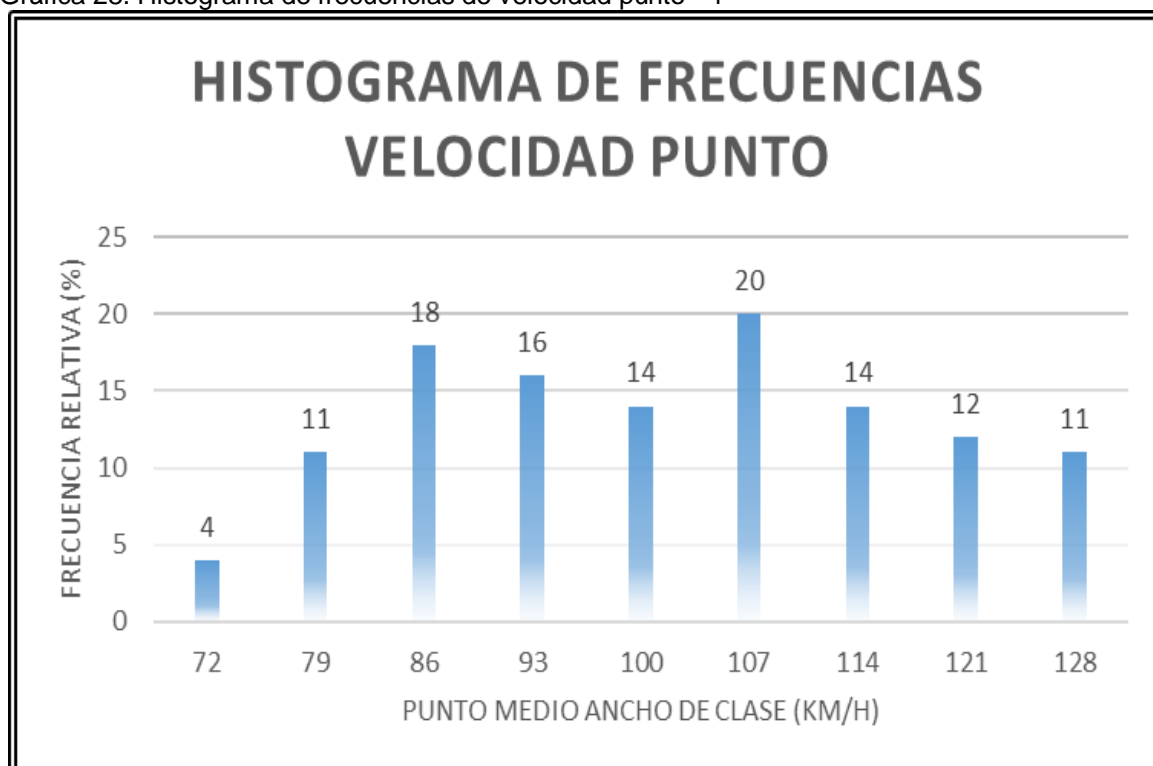
Así mismo en las gráficas 28 y 29 se muestran los diferentes datos mediante su frecuencia los cuales se obtuvieron para cada intervalo y se representan con su respectivo punto medio.

Cuadro 9. Cálculo de frecuencias

N°	Intervalo de clase Km/h		Punto medio Vi (Km/h)	Absoluta (fi)	Relativa (fi/n)*100	Absoluta fia	Relativa (fia/n)*100	Vi2	fi*Vi	fi*Vi2
1	69	75	72	4	3.3	4	3.3	5184	288	20736
2	76	82	79	11	9.2	15	12.5	6241	869	68651
3	83	89	86	18	15.0	33	27.5	7396	1548	133128
4	90	96	93	16	13.3	49	40.8	8649	1488	138384
5	97	103	100	14	11.7	63	52.5	10000	1400	140000
6	104	110	107	20	16.7	83	69.2	11449	2140	228980
7	111	117	114	14	11.7	97	80.8	12996	1596	181944
8	118	124	121	12	10.0	109	90.8	14641	1452	175692
9	125	131	128	11	9.2	120	100.0	16384	1408	180224

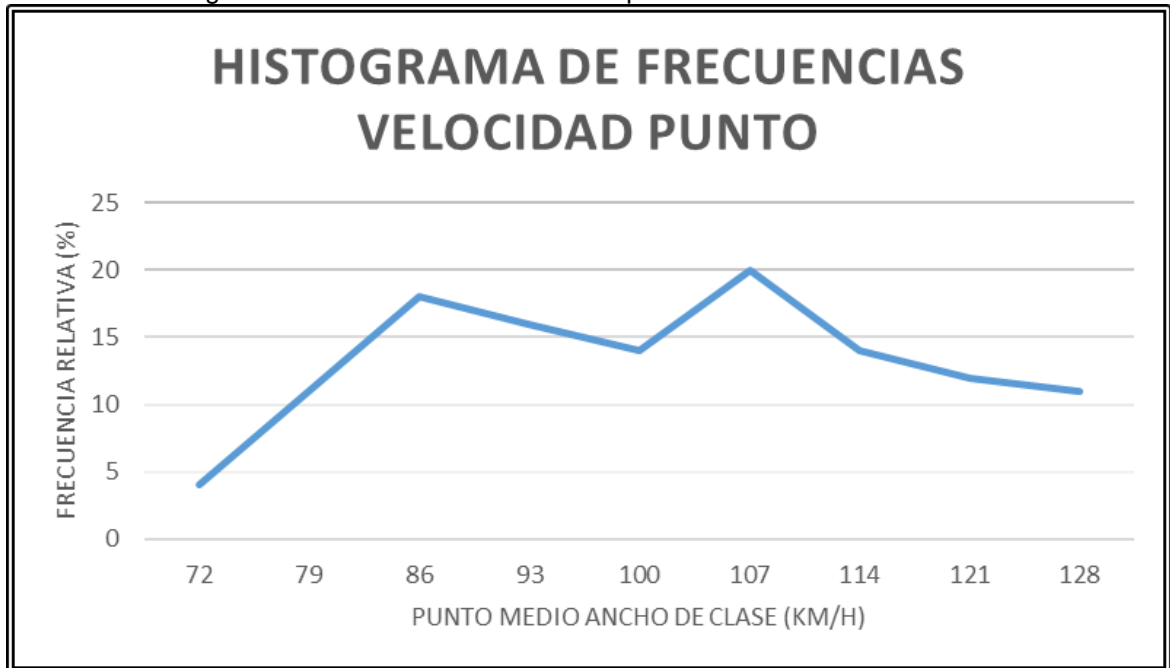
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 28. Histograma de frecuencias de velocidad punto - 1



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 29. Histograma de frecuencias de velocidad punto – 2



Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Velocidad media de punto o media aritmética. Se determina por medio de la ecuación 4.

Ecuación 4. Velocidad media de punto

$$vt = \frac{\sum_{i=1}^m (fi * vi)}{n}$$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

Donde:

Fi: Frecuencia absoluta observada

Vi: Punto medio de cada intervalo

N: Tamaño de la muestra

Reemplazando:

$$vt = \frac{12189}{120} = 101.575 \frac{km}{h} = 102 \frac{km}{h}$$

Se espera entonces que, al tomar cualquier vehículo en el tramo en estudio, la velocidad de este será de 102 Km/h.

4.5.3 Velocidad modal. En el intervalo que se presenta la mayor frecuencia (f_i) se encuentra la velocidad modal, para el presente análisis se trabaja con el intervalo N°... según el cuadro ... con valores entre 101 – 108, con 18 observaciones. Para ello se utiliza la ecuación 5 para la determinación de la moda.

Ecuación 5. Velocidad modal

$$Moda = Li + \frac{a(f_i - f_{i-1})}{(f_i - f_{i+1})(f_i - f_{i-1})}$$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

Donde:

Li : Límite inferior del rango donde se encuentra la moda

Fi : Valor que más se repite

f_{i-1} : Valor inferior a f_i

f_{i+1} : Valor posterior a f_i

a : Amplitud o ancho de intervalo

Reemplazando

$$Moda = 104 + \frac{6(20 - 14)}{(20 - 14)(20 - 14)} = 107 \frac{km}{h}$$

4.5.4 Velocidad mediana. Se verifica en que intervalo se encuentra la mediana, calculando $n/2=60$, y se calcula mediante la ecuación 6.

Ecuación 6. Velocidad mediana

$$V_{mediana} = Li + a \left(\frac{n(0.5) - \sum fa}{f_i} \right)$$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

Dónde:

L_i : Límite inferior del intervalo donde está la mediana

a : Amplitud o ancho del intervalo

n : Número de observaciones

$\sum f_a$: Sumatoria de las frecuencias absolutas encima de la mediana

F_i : Es el valor de la frecuencia absoluta donde se encuentra la mediana

Reemplazando:

$$V_{mediana} = 104 + 6 \left(\frac{120 (0.5) - 63}{20} \right) = 103.1$$

En la gráfica 30 se representa el histograma de frecuencias de velocidad punto, en el cual se presenta una tendencia a la velocidad mediana, se observa que en su gran mayoría, los vehículos que circulan el tramo en estudio conducen a velocidades entre los 85 y 110 Km/h.

Gráfica 30. Histograma de frecuencias de velocidad punto – 3



Fuente: Elaboración propia

4.5.5 Desviación estándar. La dispersión de los valores que se tienen de velocidad se calculan con la ecuación 7.

Ecuación 7. Desviación estándar

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^m (f_i * v_i^2) - \frac{[\sum_{i=1}^m (f_i * v_i)]^2}{n - 1}}$$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

Dónde:

f_i : Frecuencia absoluta

v_i : Cada uno de los puntos medios

n : Número total de datos de la muestra

Reemplazando:

$$S = \sqrt{1267739 - \frac{(12189)^2}{120 - 1}} = 15.78$$

4.5.6 Error estándar de la media. Demuestra la confiabilidad de la media de la muestra, y se calcula por medio de la ecuación 8.

Ecuación 8. Error estándar de la media

$$E = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

Reemplazando:

$$E = \frac{15.78}{\sqrt{120}} = 1.44$$

Para los resultados que se obtuvieron se asume un nivel de confianza del 95%, se obtiene que la velocidad verdadera del tramo se encuentra en el intervalo:

$$vt - ZE < \mu < vt + ZE$$

Donde:

vt: Velocidad media

z: Valor de la constante según el nivel de confianza (95%)

E: Error estándar de la media

Reemplazando:

$$102 \frac{Km}{h} - 1.96 * 1.44 < \mu < 102 \frac{Km}{h} + 1.96 * 1.44$$
$$99.18 \mu < 104.82$$

4.5.7 Percentil. En este apartado se determinan los percentiles 15, 50, 85 y 98, límite inferior de velocidad, velocidad segura de operación, velocidad de diseño respectivamente, mediante la ecuación 9.

Ecuación 9.Percentil

$$P = Li + a \left[\frac{(n * r) - F_{n-1}}{fi} \right]$$

Fuente: Cal y Mayor, Rafael y CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega, Grupo Editor. México, D.F., 2007

Donde:

Li: Límite inferior del intervalo donde se encuentra el percentil

a: Ancho del intervalo

n: Número total de datos

r: Valor del percentil expresado en porcentaje

f_{n-1} : Frecuencia absoluta acumulada anterior a la del percentil que se desea calcular

fi: Valor de la frecuencia observada absoluta donde se encuentra r

Reemplazando:

Percentil 15

$$P_{15} = 83 + 6 \left[\frac{(120 * 0.15) - 15}{18} \right] = 84 \frac{Km}{h}$$

Percentil 50

$$50 = 97 + 6 \left[\frac{(120 * 0.50) - 49}{14} \right] = 101.71 \frac{Km}{h}$$

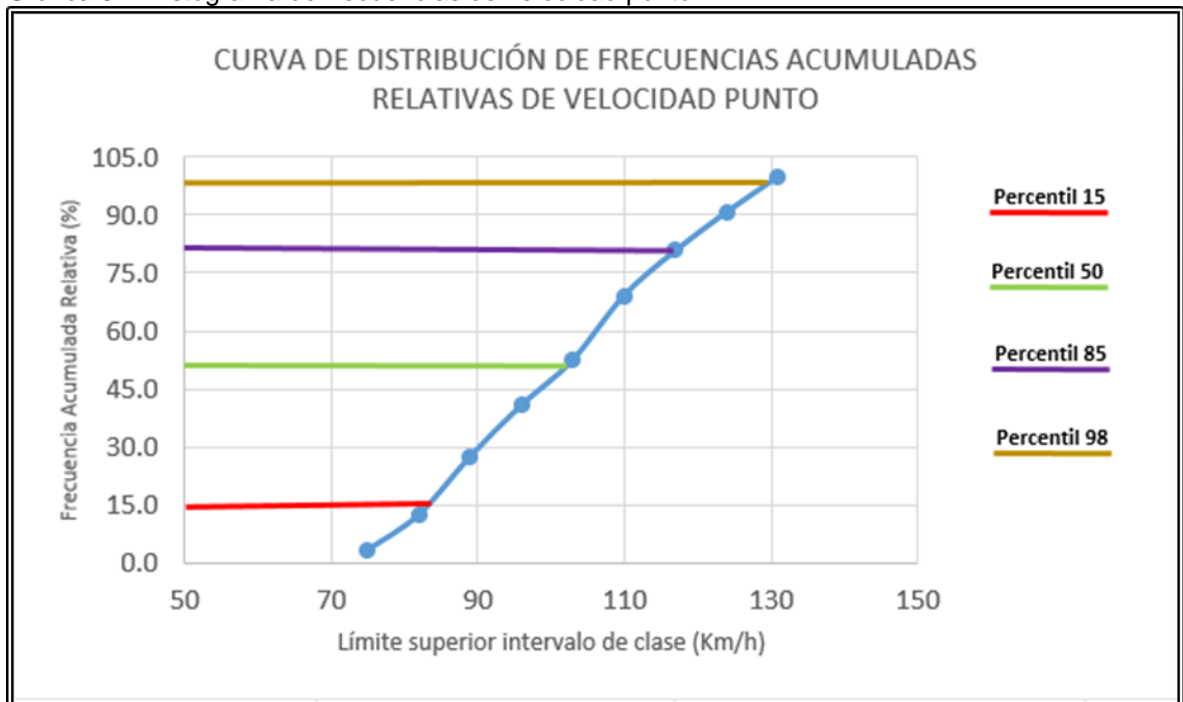
Percentil 85

$$P85 = 118 + 6 \left[\frac{(120 * 0.85) - 97}{12} \right] = 120.50 \frac{Km}{h}$$

Percentil 98

$$P98 = 125 + 6 \left[\frac{(120 * 0.98) - 109}{11} \right] = 129.69 \frac{Km}{h}$$

Gráfica 31. Histograma de frecuencias de velocidad punto 2



Fuente: Elaboración propia

Con la curva de distribución de frecuencias acumuladas relativas de velocidad punto, que se muestra en la gráfica 31 , se observa que aunque en la muestra que

se tomó para realizar el estudio, la mayoría de vehículos se desplazaban a 85 Km/h, esto no es muy representativo en realidad, ya que más del 85% de los vehículos se están movilizand o a más de 110 Km/h, velocidad a la que no está permitido conducir en ninguna vía del país, menos en el tramo de estudio en el cual su velocidad de operación es de 80 Km/h. Esto concuerda con lo visto en el numeral 4.4, el cual muestra las estadísticas de los accidentes ocurridos en el tramo, los cuales en su mayoría se presentan por exceso de velocidad, lo que sugiere un problema importante en el comportamiento de los usuarios.

5. HALLAZGOS, PROPUESTAS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE LAS ASV

Luego de realizar las visitas correspondientes e identificar los hallazgos de diseño, tránsito y comportamiento se realizó su respectivo análisis mediante la georreferenciación de los mismos, para con ello verificar el comportamiento de ellos frente a los puntos de mayor magnitud por unidad de área en el tramo, así como nuevos puntos que puedan llegar a ser potencialmente peligrosos para los usuarios. Así, de acuerdo con esto establecer medidas correctivas mediante propuestas y alternativas de solución para los diferentes hallazgos. La presentación de los hallazgos se hará mediante condiciones que los clasifican en hallazgos específicos y generales.

5.1 HALLAZGOS ESPECÍFICOS

Se establecen como “hallazgos específicos” los sitios en los que se presentan accidentes de manera repetitiva tanto en el lugar como en el periodo de estudio (2014, 2015 y 2016) no se evidencian a lo largo del tramo y si en lugares definidos por características que incurren en la seguridad de los usuarios.

5.2 HALLAZGOS GENERALES

Los hallazgos generales serán aquellos que se encuentran a lo largo del tramo y en el recorrido aparecen constantemente como parámetros que disminuyen los niveles de seguridad del tramo.

<u>Hallazgo 1</u> K1+850	<i>En la entrada a Oicata se evidencia el mal estado del pavimento además desplazamiento de borde y pérdida de agregados.</i>
-----------------------------	---

Imagen 18. Hallazgo del mal estado del pavimento



Fuente: Elaboración propia

<u>Recomendación</u>	Se recomienda realizar los procedimientos de reparación para el pavimento, en este caso debido a la severidad de los daños se debe remover el material afectado y realizar una nivelación con concreto asfáltico, así mismo corregir las deficiencias en el drenaje de la vía de entrada al municipio de Oicatá.
----------------------	--

Hallazgo 2
K1+850

Intersección no canalizada, no se observa la segregación de los flujos de tráfico para la entrada y salida de vehículos en el municipio y esto genera conflictos a los vehículos que ingresan y salen.

Imagen 19. Hallazgo del mal estado del pavimento



Fuente: Elaboración propia

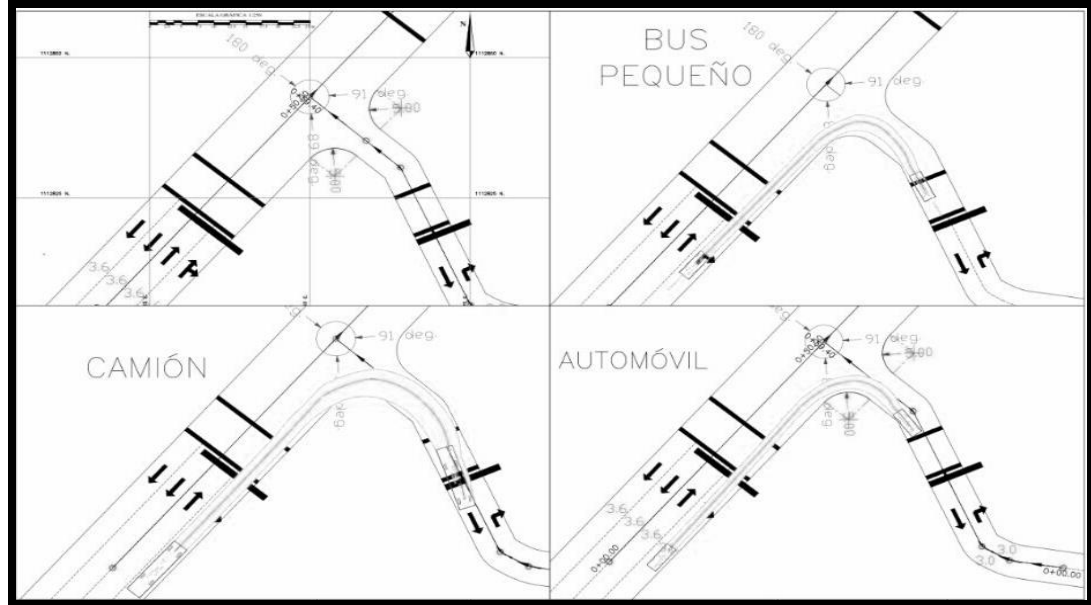
RECOMENDACIÓN

Es recomendable realizar la segregación del tráfico en los dos sentidos canalizando la intersección debido a que se trata de la entrada a un municipio y además en el ingreso de vehículos se manejan altas velocidades, ésta canalización se recomienda bien sea por marcas viales o mediante la colocación de tachones conformando una isleta que provocará que el vehículo reduzca la velocidad al aproximarse a la intersección.

Así mismo teniendo en cuenta que El radio de giro en la intersección es inadecuado, generando que al momento de hacer el giro para ingresar al municipio el vehículo invada el carril de salida, se recomienda modificarlo de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico Vial 2008, para un vehículo liviano, ya

que no se permite la entrada de vehículos pesados al municipio, en la imagen 20 se muestra el radio de giro existente y la propuesta de modificación.

Imagen 20. Diseño de giro para la intersección



Fuente: Elaboración propia

Otra solución factible, más práctica y segura para los usuarios de la vía consiste en la construcción de un carril de desaceleración que permita al vehículo disminuir la velocidad hasta incorporarse a la calzada secundaria es decir la entrada del municipio, de igual manera un carril de aceleración que permita que los vehículos que salen del municipio de Oicatá se incorporen a la doble calzada (BTS) a una velocidad similar a la que circulan los demás vehículos por ésta; teniendo en cuenta en este caso realizar la demarcación pertinente para estos carriles especiales

<p><u>Hallazgo 3</u> K1+850</p>	<p><i>No se observa demarcación que indique separación de carriles, línea de borde del pavimento, flechas de frente y de giro en proximidad a la intersección, y demás señalización necesaria en una intersección de este tipo.</i></p>
-------------------------------------	---

Imagen 21. Entrada al municipio de Oicata



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN
<p>Realizar la demarcación de acuerdo a lo estipulado en el Manual de Señalización Vial 2015, en las dos calzadas involucradas, teniendo en cuenta que en el caso de las flechas estas varían de acuerdo al tipo de intersección propuesta, por lo que se plantean dos soluciones en este caso.</p> <p>Línea central para separación de flujos opuestos:</p> <p>Se recomienda demarcar con dos líneas centrales continuas de color amarillo que indican separación de la vía en doble sentido y además restricción de adelantamiento en ambos sentidos, esto debido a la geometría que presenta la</p>

vía de entrada al municipio de Oicatá ya que es angosta y además se presentan curvas sucesivas.

Línea de borde del pavimento:

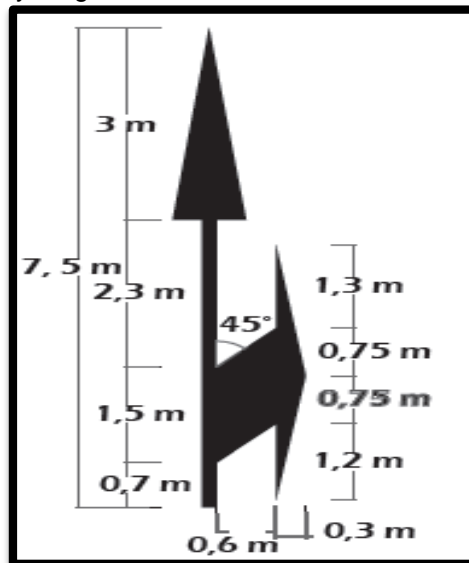
Se debe realizar la demarcación de la línea del pavimento en ambos sentidos con el fin de indicar a conductores en donde se encuentra el borde exterior del pavimento y no invadir el carril en contraflujo.

Caso 1. Intersección canalizada con isleta

Flechas:

Flecha de frente y de giro: se sugiere la demarcación sobre la doble calzada con el fin de indicar que el carril sobre el que se circula tiene tránsito que continúa en línea recta como el que gira hacia la derecha. Con las dimensiones que se muestran en la imagen 22, las cuales corresponden a velocidades de operación por encima de los 60KPH.

Imagen 22. Flecha de frente y de giro

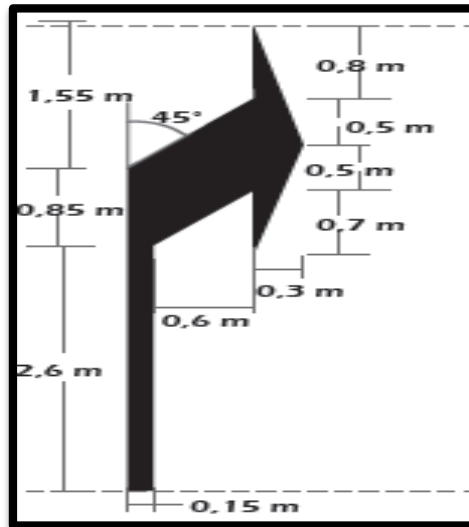


Fuente: Manual de señalización vial 2015

Flecha de giro:

Se recomienda su demarcación sobre el carril de salida del municipio, indicando a los conductores que es necesario girar a la derecha, de acuerdo a la velocidad de operación de la vía, se sugiere esta señal con las dimensiones mostradas en la imagen 23.

Imagen 23. Flecha de giro



Fuente: Manual de señalización vial 2015

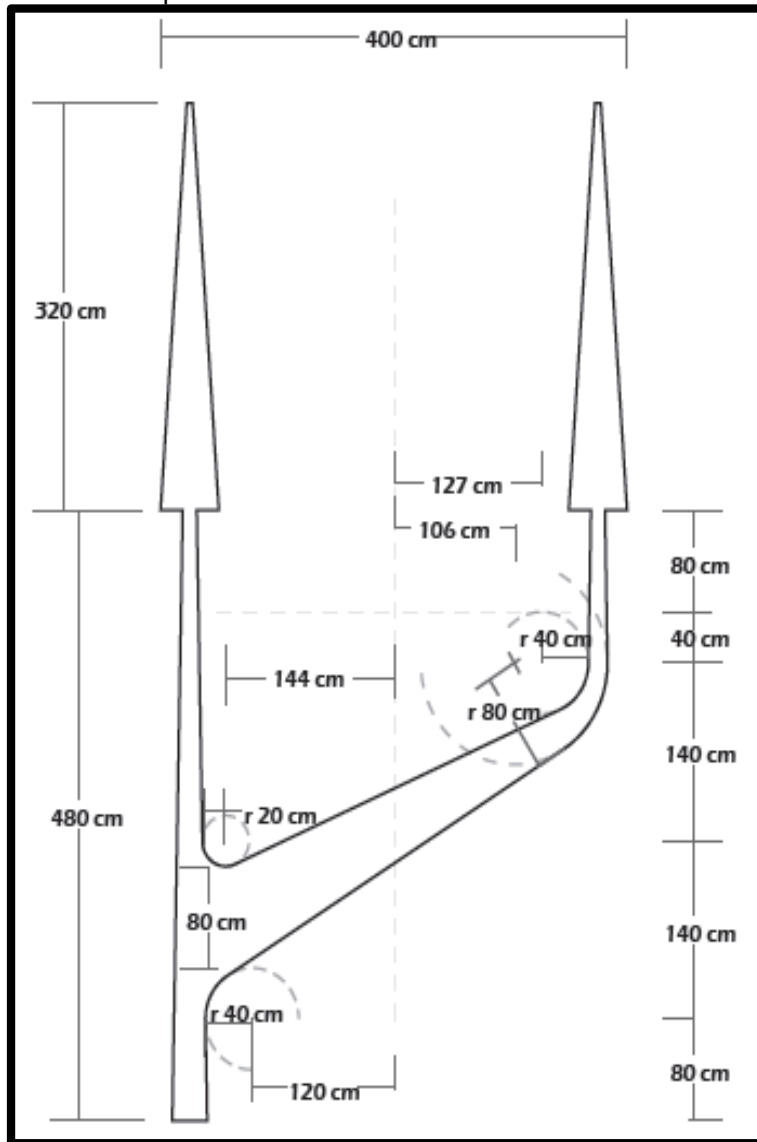
Caso 2. Intersección canalizada con carriles de aceleración y desaceleración e isleta central

Flechas de incorporación:

En este caso se recomiendan de dos tipos:

Flechas de incorporación a carriles exclusivos: en este caso se recomienda demarcar la BTS con esta flecha indicando que el vehículo debe abandonar la calzada por la cual circula e incorporarse al carril de desaceleración para ingresar al municipio. En este caso la demarcación de la flecha tendrá las dimensiones mostradas en la imagen 24, de acuerdo a la velocidad de operación de la vía.

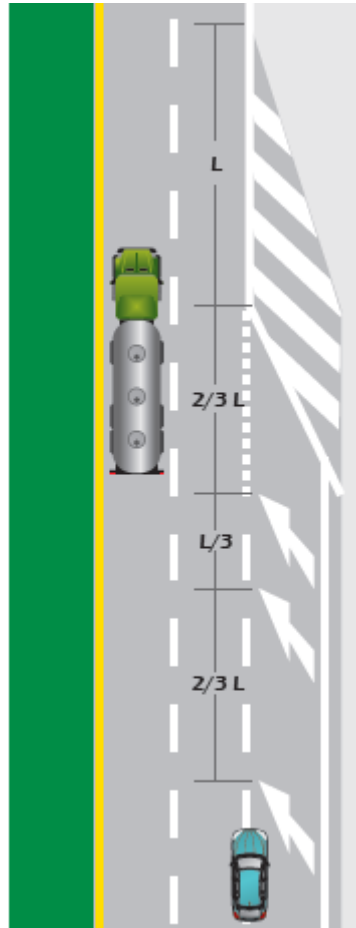
Imagen 24. Flechas de incorporación



Fuente: Manual de señalización vial 2015

Flechas de incorporación: se recomienda demarcar el carril de aceleración con estas flechas indicando que el vehículo debe abandonar el carril por el cual circula para incorporarse a la doble calzada. La demarcación se debe hacer de acuerdo a lo mostrado en la imagen 25.

Imagen 25. Flechas de incorporación - 2



Fuente: Manual de señalización vial 2015

<u>Hallazgo 4</u> K1+850	Se observó que a pesar de estar prohibido el paso de vehículos pesados, estos ingresan y salen del municipio ocasionando deterioro en el pavimento y conflicto con los demás vehículos que circulan en la vía.
-----------------------------	--

Imagen 26. Señal restrictiva en la entrada a el municipio de Oicatá



Fuente: Elaboración propia

<u>Recomendación</u>	Realizar los debidos controles con los organismos encargados del tránsito en la zona, como la policía nacional.
----------------------	---

<p><u>Hallazgo 5</u> K1+850</p>	<p><i>Se presenta parada de buses antes y después de la entrada al municipio, así mismo sobre la calzada del otro costado de manera insegura ya que no hay bahía de paradero ni señalización del mismo por lo que los usuarios se quedan sobre la vía expuestos al tránsito que circula sobre la doble calzada y la entrada al municipio</i></p>
-------------------------------------	--

Imagen 27. Señal restrictiva en la entrada a el municipio de Oicatá



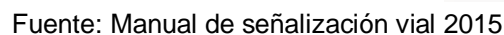
Fuente: Elaboración propia

<p>Construir bahía de paradero y colocar caseta de paradero de buses aproximadamente 70 metros después de la intersección, señalización vertical para paradero de buses como se muestra en la imagen 26 de acuerdo a la velocidad máxima permita en la BTS y realizar la demarcación para este caso como se muestra en la imagen 28.</p>
--

Imagen 28. Diseño del paradero de buses

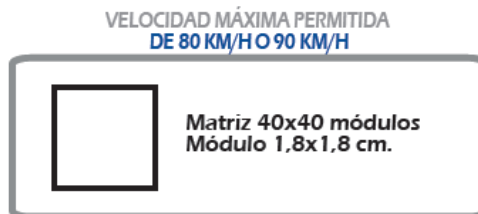


Imagen 29. Señal vertical paradero de buses



En este caso la matriz y el módulo tienen las dimensiones que se muestran en la imagen 30 de acuerdo a la velocidad máxima permitida en la vía.

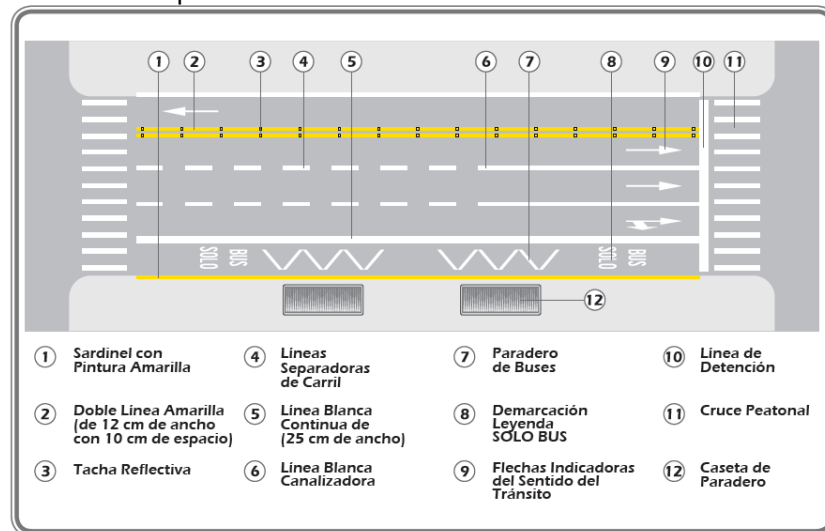
Imagen 30. Diseño de matriz y modulo para 80 y 90 Km/h



Fuente: Manual de señalización vial 2015

La demarcación del paradero se realiza de acuerdo a los parámetros mostrados en la imagen 29.

Imagen 31. Señal vertical paradero de buses




Fuente: Manual de señalización vial 2015

Hallazgo 6 K1+850	La señalización para peatones en la vía no cumple con el Manual de Señalización Vial 2015
----------------------	---

Imagen 32. Señalización vertical informativa y restrictiva



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN
<p>Remover e instalar la señal de paso de peatones de acuerdo al Manual de Señalización Vial 2015, de acuerdo a las especificaciones mostradas en la imagen 33.</p> <p>Imagen 33. Señalización vertical informativa y restrictiva</p> <div style="text-align: center;"> <p>VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA DE 80 KM/H O 90 KM/H</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;">  <p>Matriz 64x64 módulos Módulo 1,8x1,8 cm.</p> </div> </div> <p>Fuente: Manual de señalización vial 2015</p>

Hallazgo 7	Se observaron varias líneas de deseo sobre el separador frente a las entradas de Oicatá, Tuta y Combita indicando que los peatones no utilizan el paso peatonal que se encuentra en el lugar, una de las razones de este comportamiento obedece a que los motociclistas invaden el paso peatonal para realizar giros prohibidos.
------------	--

Imagen 34. Líneas de deseo y mal conducta de los usuarios

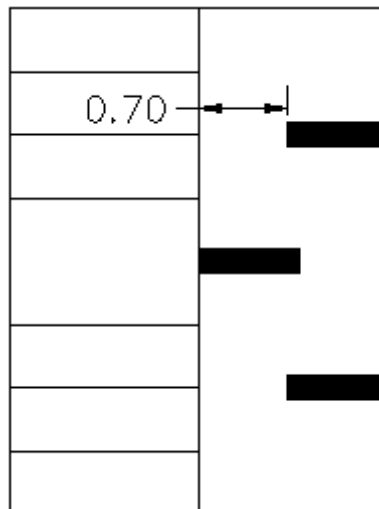


Fuente: Elaboración propia

En este caso se establecen varias recomendaciones tendientes a cuidar la seguridad del peatón:

1. Definir y demarcar más pasos peatonales a lo largo de la vía, teniendo en cuenta que sobre el sector se encuentran varias veredas y hay viviendas por lo que hay circulación de peatones desde diferentes puntos. Por lo que se deberían poner pasos peatonales cada 100 metros.
2. Colocar en el paso peatonal para discapacitados restricciones tal que únicamente pueda cruzar una silla de ruedas por el lugar y no una motocicleta como se muestra en la imagen 35. Se deja un espacio libre de 0,70 metros que corresponde al ancho máximo de una silla de ruedas y que es menor al de una motocicleta.

Imagen 35. Definición y demarcación de pasos peatonales



Fuente: Elaboración propia

<p><u>Hallazgo 8</u></p>	<p><i>En cercanías a la entrada del municipio de Tuta se hace evidente que los accesos de entrada y salida, al conectarse con la (BTS) no cuenta con cunetas, sistemas de drenaje, bermas y radios de giro apropiados que disminuyan el deterioro de la vía y el riesgo de volcamiento en los vehículos.</i></p>
--------------------------	--

Imagen 36. Entrada al municipio de Tuta



Fuente: Elaboración propia

<p><u>Recomendación</u></p>	<p><i>Construir cunetas revestidas en concreto, según lo indica el manual de drenaje vial 2015, determinar los radios de giro propios para un acceso como este, construir las bermas requeridas para brindar seguridad a los usuarios.</i></p>
-----------------------------	--

<u>Hallazgo_9</u>	<i>En la entrada del municipio de Tuta evidenciar que los accesos no cuentan con el sobre ancho necesario para que los vehículos se integren de manera segura a la BTS.</i>
-------------------	---

Imagen 37. Entrada al municipio de Tuta - 2



Fuente: Elaboración propia

<u>Recomendación</u>	Construir cunetas revestidas en concreto, según lo indica el manual de drenaje vial 20, determinar los radios de giro propios para un acceso como este, construir las bermas requeridas para brindar seguridad a los usuarios.
----------------------	--

Hallazgo 10

El carril de transición que viene desde la oreja hacia la doble calzada es peligrosa debido a que sus dimensiones y diseño no son los correctos.

Imagen 36. Carril de transición



Fuente: Elaboración propia

Recomendación

Diseñar un carril de transición de tal manera que cumpla las dimensiones correctas para que los vehículos no ingresen de forma insegura a la doble calzada

Hallazgo 11

En las intersecciones para ingresar a los municipios de Oicata y Combita, se presentan velocidades excesivas a las que circulan los vehículos, además los pasos peatonales no son utilizados de la manera correcta y por ellos circulan motocicletas, animales.

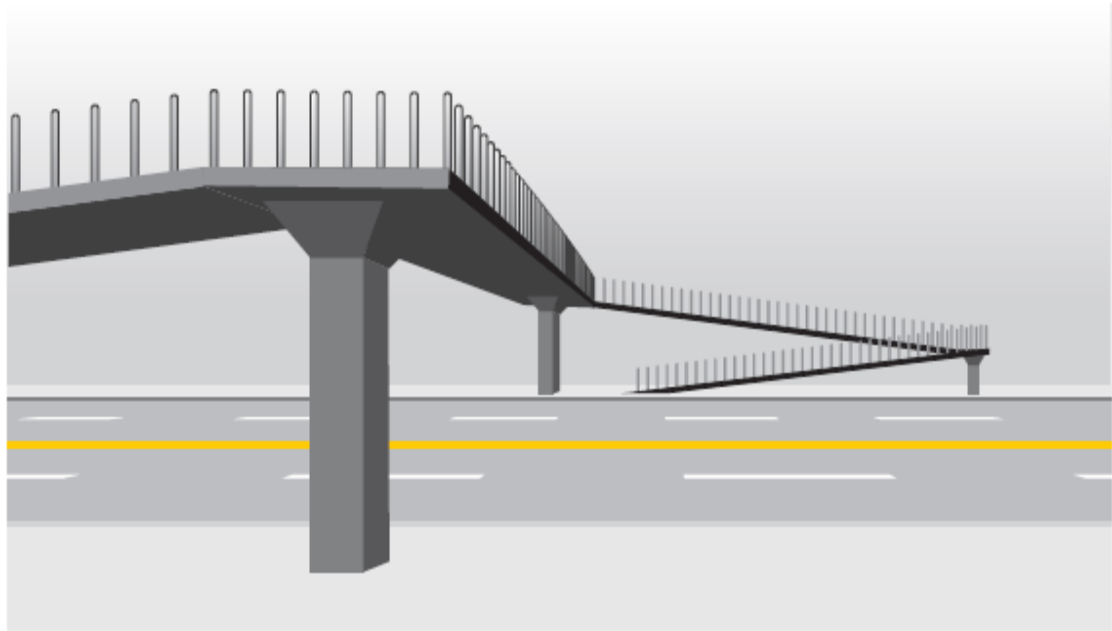
Imagen 37. Intersección de entrada al municipio de Oicata



Fuente: Elaboración propia

Se recomienda construir un puente peatonal mediante la guía del manual de señalización vial 2015 o implementar demarcación y colocación de tachas que incidan en la reducción de la velocidad a la que recorren los vehículos ese sector de la vía.

Imagen 38. Diseño puente peatonal



Fuente: Manual de señalización vial 2015

Hallazgo 12

Se encontró una velocidad de operación de 115 Km/h sobre la vía, como se observa en el apartado 4.5 la cual claramente excede la velocidad máxima permitida sobre la vía, generando así inseguridad tanto para los peatones que cruzan pues no se están respetando la reducción para el paso peatonal, como para los demás usuarios de la vía.

Imagen 39. Vehículos transitando la vía



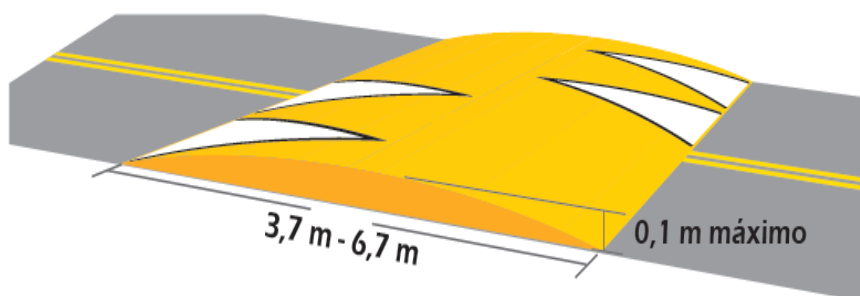
Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN

En este caso se presentan varias recomendaciones:

1. Colocar un reductor de velocidad correspondiente a un resalto parabólico o circular. Así como su respectiva señalización vertical.

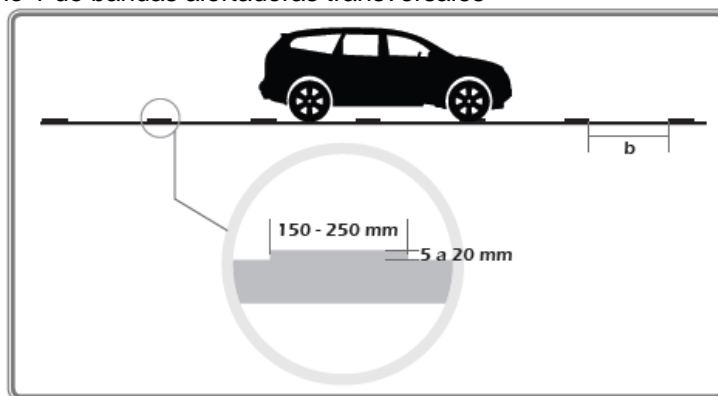
Imagen 40. Vehículos transitando la vía



Fuente: Manual de señalización vial 2015

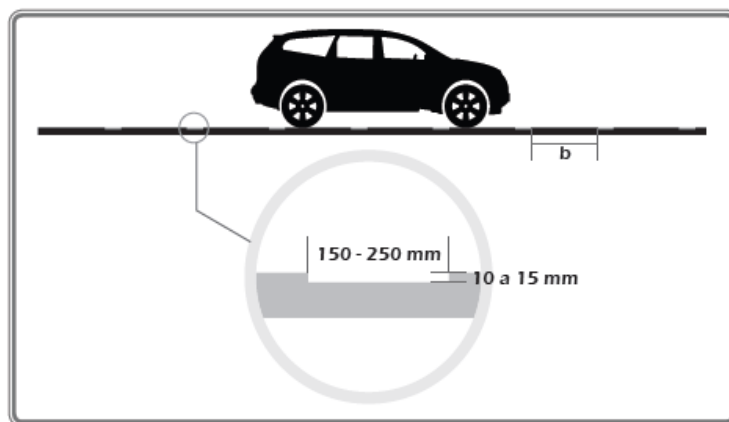
2. Generar las bandas alertadoras transversales bien sea resaltadas o en bajo relieve con el fin de alertar a los usuarios de la vía que se aproxima la entrada a un municipio, de acuerdo a las especificaciones de las figuras x Y x, respectivamente.

Imagen 41. Diseño 1 de bandas alertadoras transversales



Fuente: Manual de señalización vial 2015

Imagen 42. Diseño 2 de bandas alertadores transversales



Fuente: Manual de señalización vial 2015

Hallazgo 13

A lo largo del tramo de estudio, se observa que no se cumple la función de desagüe de la vía, lo que ocasiona que se aumente el riesgo de hidroplaneo y de erosión en el paquete estructural del pavimento

Imagen 43. Estado del pavimento



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN

Se debe hacer una revisión de las características y parámetros que se tienen en la vía para el manejo de las aguas superficiales y según lo indique la norma y el manual de drenaje vial realizar las respectivas correcciones.

Hallazgo 14

En ambos sentidos se evidencian fallas superficiales en la carpeta asfáltica como: Desintegración de la carpeta, exudación, parches en la carpeta, pérdida de película ligante, afloramiento de llenante.

Imagen 44. Fallas superficiales del pavimento



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN

Colocación de una lechada asfáltica, ejecutar un tratamiento superficial o sello de arena, para la exudación se puede esparcir arena caliente sobre la superficie afectada.

Hallazgo 15

Superficie de rodadura irregular, desgaste en la capa de rodadura, ahuellamiento longitudinal y hundimientos localizados en el pavimento.

Imagen 45. Parche presente en la vía



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN

Para los hundimientos se podría delimitar la zona y cortar el área afectada, luego limpiar y aplicar el riesgo de liga, colocar el concreto asfáltico finalmente compactar.

Hallazgo 16

En la mayoría del tramo se observó que las zonas laterales no se encuentran despejadas además de no cumplirse con el ancho de zona para una vía de este orden (primaria de dos calzadas), ya que en la mayoría del tramo en los dos sentidos hay presencia de viviendas rurales y negocios muy cercanos.

Imagen 46. Zona lateral del tramo



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN

Se debe diseñar la zona lateral mediante un proceso que minimice los riesgos para los usuarios. Este proceso podría ser el siguiente:

1. Datos requeridos

- Velocidad de diseño
- TPD: Tránsito promedio diario
- Información sobre pendientes laterales y pendientes de las cunetas
- Curvas horizontales
- Características de obras principales

2. Determinación de la zona lateral deseable respecto a la seguridad vial

3. Identificación de los peligros

4. Identificación de la estrategia de mitigación en orden de preferencia

- Remover el peligro
- Rediseñar el peligro
- Relocalizar el peligro
- Reducir la gravedad del peligro
- Mitigar el peligro
- Demarcar el peligro

Hallazgo 17

A lo largo del tramo se observaron alcantarillas con el cabezote expuesto a una altura considerable tanto en el borde interno como en el extremo de la calzada en terrenos planos, esto se considera peligroso ya que puede ocasionar que algún vehículo se enganche con él y se detenga bruscamente o se vuelque.

Imagen 47. Alcantarilla en el K2+210



Fuente: Elaboración propia

Para los Cuando se trata de alcantarillas de tamaño mediano es recomendable extender la tubería por debajo de la vía y llevarla hasta un lugar que se encuentre pro fuera de la zona lateral despejada.

Imagen 48. Alcantarilla con diseño traspasable a nivel del terreno



Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguir vial en márgenes de carreteras

Para alcantarillas pequeñas, se recomienda utilizar un diseño traspasable o que presente una mínima obstrucción para el vehículo que se sale de la vía, en este caso el diseño consiste en colocar rejillas que permitan que el vehículo se resguarde y no se quede atascado o se golpee como se muestra a manera de ejemplo en la imagen 49 y 50.

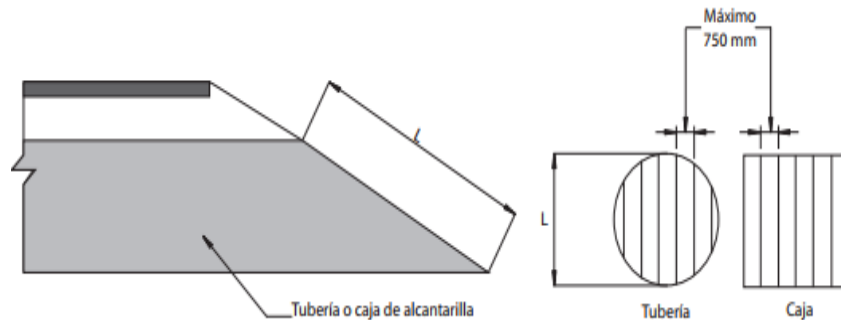
Imagen 49. Alcantarilla con diseño traspasable a nivel del terreno



Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguir vial en márgenes de carreteras

De igual manera estas deben cumplir con ciertos requerimientos como:
Separación de las barras de la rejilla: no mayor a 75 cm

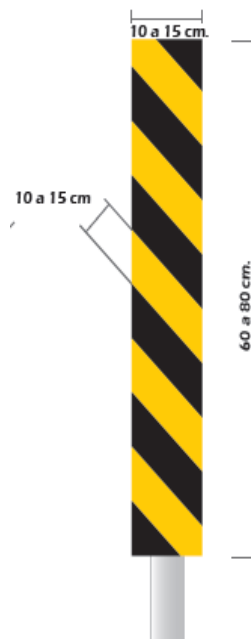
Imagen 50. Separación de las barras de la rejilla



Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguir vial en márgenes de carreteras

En el caso de no poder suprimir el cabezote de la alcantarilla o de no poder reubicarla, se recomienda colocar un marcador de obstáculo vertical sencillo como el que se muestra en la imagen 51, con el fin de advertir al conductor de la presencia del cabezote.

Imagen 51. Marcador sencillo



Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguir vial en márgenes de carreteras.

Hallazgo 18

Las tachas reflectivas se encuentran en pésimo estado y muchas de ellas están ausentes a lo largo del tramo.

Imagen 52. Marcador sencillo



Fuente: Elaboración propia

Recomendación

Adecuar la vía con las tachas faltantes, además de hacer énfasis en las entradas a los municipios de Oicata, Tuta, Combita donde se evidencia la falta de las mismas

Hallazgo 19

Se observó la presencia de ciclistas de manera recurrente sobre la vía, muchos de ellos sin la protección adecuada.

Imagen 53. Ciclistas en la vía



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN

Disponer controles más recurrentes sobre la vía para los ciclistas entre los que se encuentran:

- Verificar el uso de los elementos de protección por parte de los ciclistas.
- Educación vial por parte de las alcaldías locales a los ciudadanos con el fin de dar a conocer la normativa vigente.

Hallazgo 20

Se evidencia una clara falencia en la demarcación existente, además en las encuestas realizadas a los usuarios y personas residentes al borde de la vía, aseguran que los vehículos se accidentan de manera regular por que la vía no cuenta con pintura para la demarcación de tipo antideslizante.

Imagen 54. Paso peatonal intersección del municipio de Combita

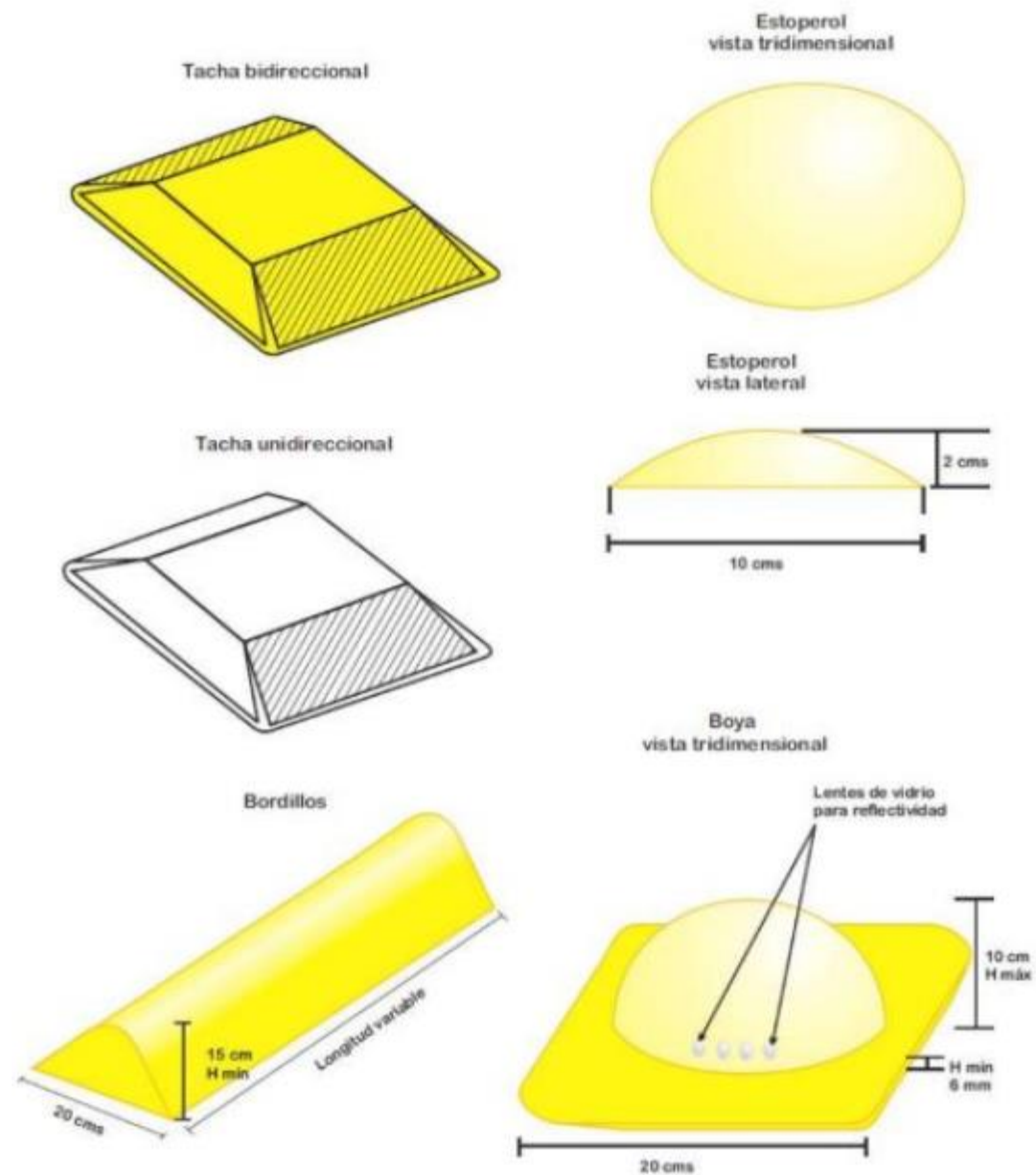


Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIÓN

Instalar delineadores de corona, curvas horizontales y de piso, aplicar marcas viales, instalar marcas viales con elementos sonoros o que producen vibración, marcar los arboles con elementos reflectantes.

Imagen 55. Tipos de delineadores de piso



Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguir vial en márgenes de carreteras

Hallazgo 21

Se presenta una clara falencia en la educación vial de los peatones, quienes no dan la importancia que requiere el actuar de manera segura en una vía de tal orden.

Imagen 56. Paso peatonal intersección del municipio de Combita



Fuente: elaboración propia

Recomendación

Implementar medidas y campañas preventivas que eduquen a los usuarios frente a la percepción de seguridad vial.

<u>Hallazgo 22</u>	<i>En la entrada al municipio de Oicatá se evidencia que no se realiza revisión periódica, debido al mal estado en el que se encuentra.</i>
--------------------	---

Imagen 57. Paso peatonal intersección del municipio de Combita



Fuente: elaboración propia

RECOMENDACIÓN
Realizar la debida actuación frente a todos los elementos que constituyen la infraestructura vial a intervalos fijos de tiempo, con el fin de que se mantengan los parámetros originales de la vía.

6. CONCLUSIONES

- El comportamiento estadístico de las bases de datos presenta el exceso de velocidad como el principal motivo de accidentalidad en el tramo para los tres años de estudio, 2014 con 48.53%, 2015 con 50% y el 2016 con un 65%. Por ello es necesario analizar a detalle, la asignación de velocidades en cada tramo así verificar los controles para el diseño de velocidades entre tramos.
- El principal agresor según las bases de datos es el conductor vehículo, siendo el vehículo un automóvil. Este agresor fue recurrente para los tres años de estudio, a excepción del 2015, las motocicletas fueron las causantes de más del 68.47% de los accidentes ocurridos en ese año. El usuario que más sufrió un daño o perjuicio a causa de los accidentes de tránsito fue el conductor de los vehículos, quien se involucró como víctima en más del 80.26% de los accidentes ocurridos desde el 2014 hasta el 2016.
- Los hallazgos encontrados en el tramo, específicamente en las entradas a los municipios demuestran un claro desinterés por los gobiernos municipales y regionales por integrar la infraestructura vial de Combita, Tuta y Oicata con la BTS al no solo entregar a los usuarios, vías diseñadas bajo estándares técnicos de un trazado geométrico para con ello cumplir los requisitos mínimos de seguridad vial.
- Con la georreferenciación de los accidentes de tránsito se identificaron siete puntos críticos de accidentalidad mediante el análisis de densidad Kernel, una herramienta del software ArcMap, los cuales ejemplificaron de manera mucho más simple y visual, donde se posicionan y agrupan los accidentes, con ello se establecieron lugares para la visita a campo y así verificar las razones para que allí se agrupen.
- Las listas de chequeo de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, cumplían con los requisitos para verificar las condiciones de seguridad de la vía por lo que no fue necesario el modificarlas para aplicarlas al tramo en estudio.
- Para cada uno de los hallazgos que están ocasionando problemas de seguridad a los usuarios en el tramo y los que pueden ser potencialmente peligrosos para los usuarios se procedió a realizar una recomendación que mitigue las características del mismo.

7. RECOMENDACIONES

- Observando la base de datos proporcionada, es necesario que el país por medio de los entes que examinan la seguridad vial, fortalezcan y consoliden un sistema de información que pueda ser retroalimentado y depurado de manera permanente, para que con ello se facilite el tener un diagnostico real de los niveles de seguridad vial de las carreteras del país.
- Es recomendable complementar las bases de datos con el fin de obtener estadísticas que reflejen las condiciones reales en la ocurrencia de los accidentes, en donde se pueda incluir toda la información necesaria que permita establecer cómo ocurrieron los hechos a fin de brindar esta información a los entes encargados para tomar medidas en cuanto a seguridad vial y aspectos legales, dentro de la información que se recomienda complementar se encuentran aspectos como: condiciones físicas de la carretera, condiciones meteorológicas, coordenadas geográficas, tipo de vía, tipo de diseño (tramo recto, curva horizontal, intersección etc), entre otros.
- Se debe prestar una atención especial a los peatones, motociclistas y ciclistas, debido a que ellos son los usuarios más vulnerables del sistema vial, para ello se debe contar con la investigación y organización necesaria para verificar las posibles causas de los accidentes en los que ellos se ven involucrados. Para que sea un proceso más fácil, se pueden crear campañas de concientización; para el caso de los motociclistas se puede enfatizar en el uso correcto y de manera continua de los dispositivos de seguridad como el casco y el chaleco reflectivo en las noches.
- Observando los resultados obtenidos en referencia a los peatones y los bici usuarios o ciclistas, es necesario brindarles la infraestructura adecuada con las condiciones necesarias, con ello buscar que su desplazamiento de un lugar a otro se haga de manera segura sin llegar a exponerse a lesiones, además de concientizarlos para que usen de forma correcta las zonas que se les brinda, como los pasos peatonales.
- Buscar establecer relaciones entre los diferentes entes administrativos para que en cooperación busquen el fortalecimiento de la cultura vial de la región y así buscar una reducción en los accidentes de tránsito.

- Las TIC'S en la actualidad son esenciales en cualquier ejecución de algún proyecto de grado, permiten fortalecer y diversificar la manera como se representa el trabajo, mediante mecanismos que ayudan a interactuar con mayor facilidad con la información que se tiene.
- En vista de que la mayoría de los proyectos de infraestructura vial que se ejecutan en el país son concesionados, se hace necesario el fortalecer los conocimientos frente a la seguridad vial, mediante la instauración de cursos, talleres y demás, que representen la importancia que se desprende de esta área, para que conlleve a tener profesionales debidamente capacitados que objetivamente puedan verificar que se cumplan los contratos sobre las ASV, ISV y en general todos los procesos en los que se vincule la seguridad vial como eje principal.
- La aplicación de las ASV representa una herramienta que busca mitigar, prevenir y dar soluciones para cada uno de los riesgos posibles o actuantes en la vía, por ello se tiene que generar conciencia de la responsabilidad civil que conllevan las organizaciones encargadas de construir la infraestructura vial del país y que no solo se apliquen las ASV por cumplir con un requisito u obligación, sino que se busque beneficiar a los usuarios con la construcción de obras que tengan altos estándares de calidad.
- La metodología representada en el proyecto de grado se muestra como un mecanismo organizado, con bases estadísticas a las cuales se puede tener acceso con facilidad, además una evaluación concreta y sistemática que puede ser aplicado en proyectos de vías en el país que estén ya en operación y requieran ser auditadas para mejorar los niveles de seguridad vial.

8. BIBLIOGRAFÍA

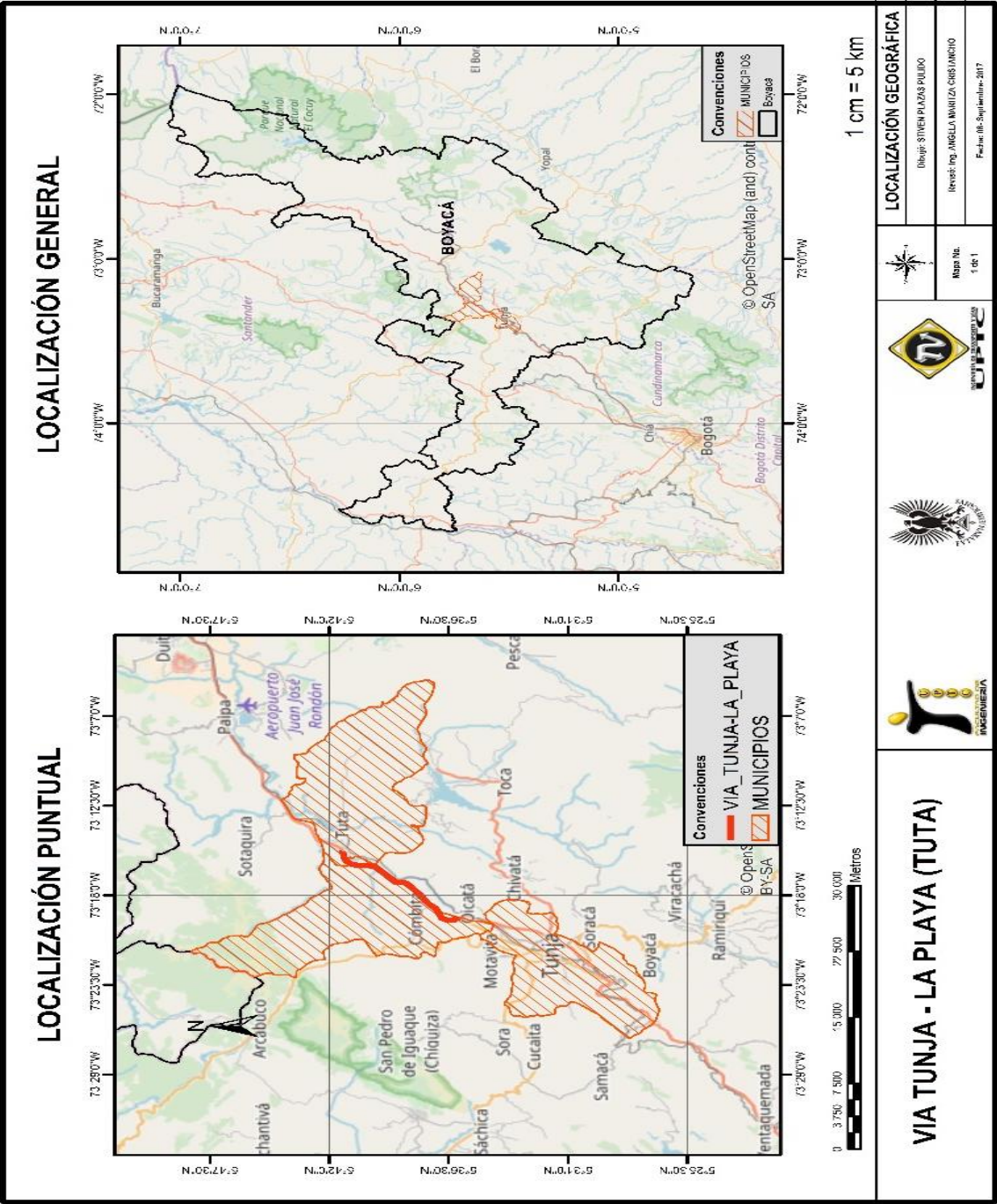
- ALARCÓN, D. JOSE R. Listas de chequeo para realizar auditorías de seguridad vial en Colombia. Puente revista científica. 2015.
- ALARCÓN, D. JOSE R. Índices de severidad para auditorías de seguridad vial en carreteras colombianas. Universidad Católica del norte. 2015
- CHACON, G. MONICA. SAENZ, U. LADY. Importancia de la auditoria de seguridad vial – (ASV) en concesiones viales de Colombia. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. 2016.
- CERQUERA, E. FLOR, ÁNGELA. Análisis espacial de la accidentalidad vial urbana, método de investigación con SIG. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.
- CERQUERA, E. FLOR, ÁNGELA. Modelo patrón de evaluación de la accidentalidad vial en áreas urbanas, integración con SIG. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. 2011.
- ESCOBAR A. ESPEJO J. Y MAHECHA H.: Propuestas de solución a los puntos críticos por accidentalidad en carreteras nacionales. Universidad Nacional. mayo de 1984.
- Fondo de Prevención Vial. Lineamientos Generales para la Estructuración de un Documento para el Aseguramiento de la Calidad en la Aplicación de las Auditorías de Seguridad Vial en Colombia 2009.
- PEREZ, G. EDUARD. LASTRE, R. JORGE. Evaluación de puntos críticos de accidentalidad vial en la ciudad de Sincelejo. Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia. 2014.
- VARGAS, V. ERNESTO. MOZO, P. EDISON. HERRERA, O. EDWIN. Análisis de los puntos más críticos de accidentes de tránsito en Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 2012.
- A. R. WILSON. Metodología para realizar Auditorías en Seguridad Vial en Puerto Rico. Agosto, 2011, Puerto Rico.

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA, INSTITUTO MAPFRE DE SEGURIDAD VIAL. Identificación de problemas de seguridad vial en travesías. España, Madrid. 2003
- AKRAM, H. DIEGO. GUIDO, B. QUISPE. PACHECO, M. JOSMEL. CHAPARRO, MARTÍN. R. Sistemas de información geográfica: aplicación práctica para el estudio de atropellos en el cercado de Lima, Perú. 2016.
- CAL Y MAYOR, RAFAEL. CÁRDENAS, JAMES. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones. Octava Edición, Alfaomega Grupo Editor. México, D.F. 2007.
- DEXTRE. Q. JUAN. Seguridad vial: La necesidad de un nuevo marco teórico. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, Barcelona. Julio, 2010.
- DIAZ. P. JACOBO. Auditorias de Seguridad Vial. Experiencias en Europa. España, Madrid. Octubre, 2015.
- D. C ANTONIO, S. C. JAIME. Guía para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial, CONASET. 2003, CHILE.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). Road Safety Audit Guidelines. November 2009.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Una metodología para el tratamiento de sitios de alta incidencia de accidentes en carreteras: Un Ejemplo de Aplicación. México. Sanfandila, Qro. 2002
- SPEIER, C. GREGORY. Informe final Auditoria de seguridad vial, PROTRANSPORTE, Lima, 2008.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES DE CHILE. 2008 Tratamiento de puntos negros con medidas correctivas de bajo costo. Para la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito CONASET.
- VALERO, GUITIÉRREZ DEL OLMO. E. PICOS, MARTÍN. J. LAGO, LÓPEZ. F. LAGOS, ABARZUZA, L. Análisis espacial de accidentes de tráfico relacionados con fauna mediante sistemas de información geográfica. Universidad de Vigo. Vigo, España. 2013.
- WASHINGTON STATE TRANSPORTATION CENTER. Analysis of roadside accident frequency and severity and roadside safety management. December 1999.

ANEXOS

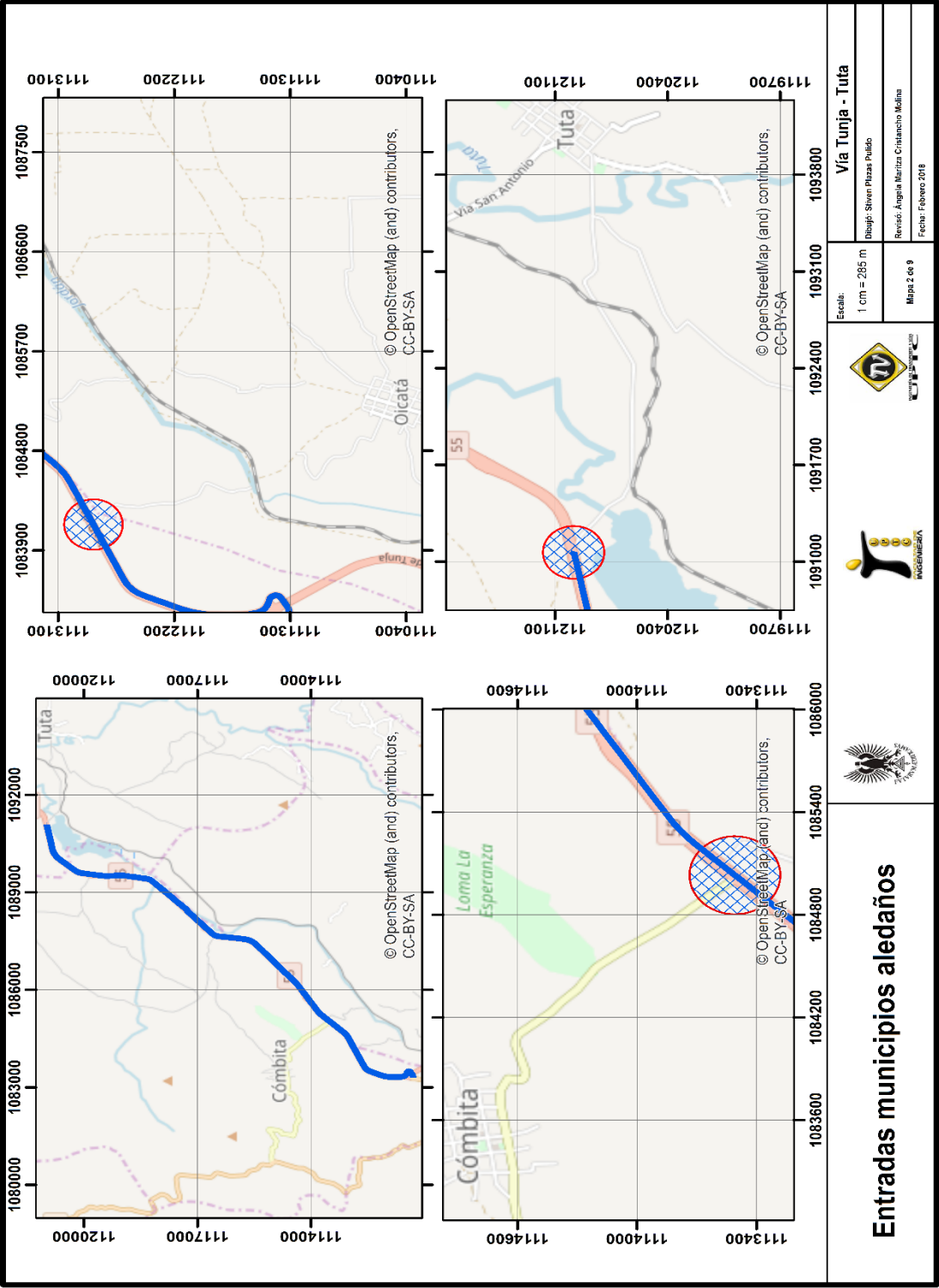
Anexo A. MAPAS

A.1 Localización del tramo



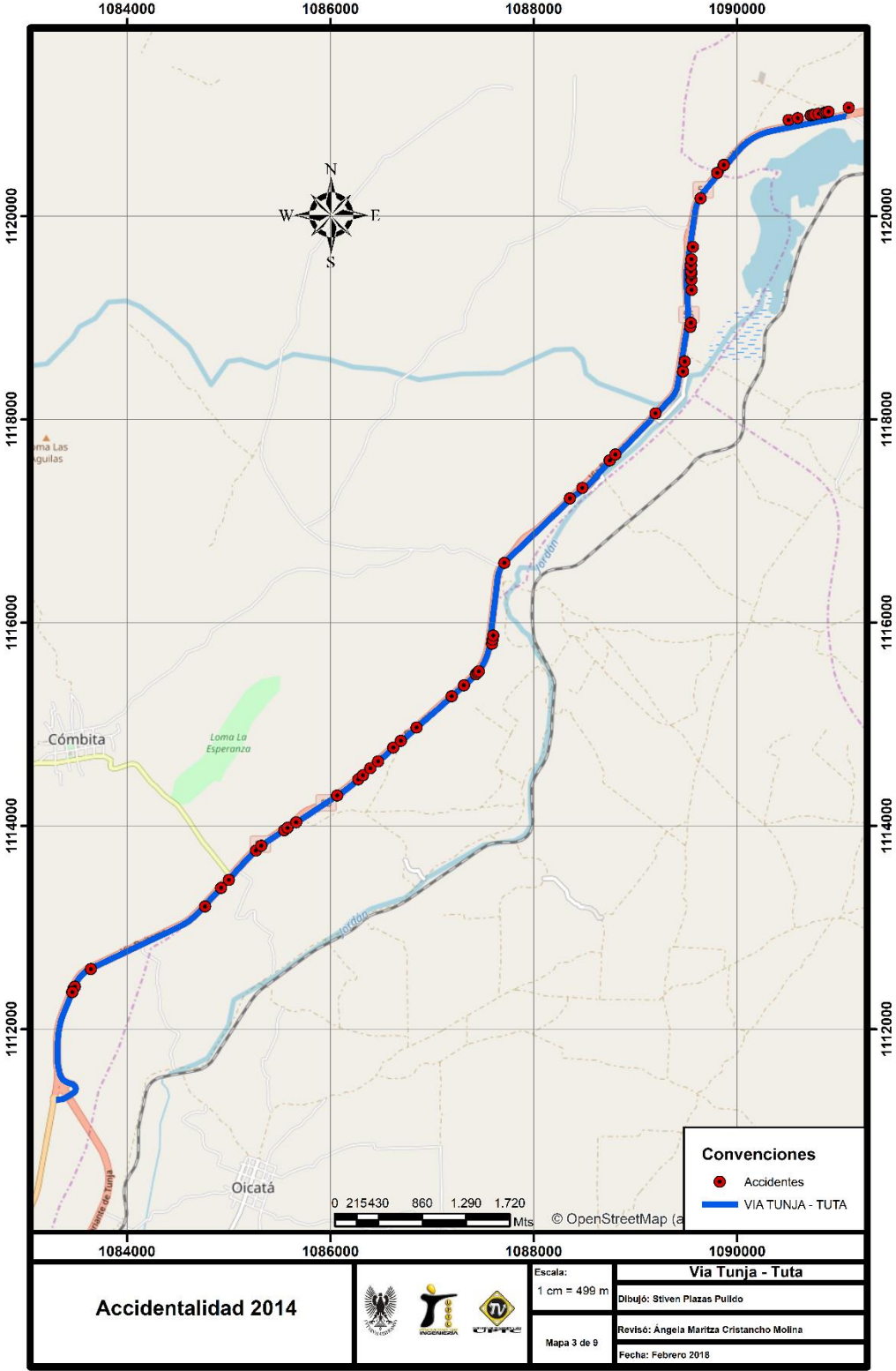
Fuente: elaboración propia

A.2 Entradas a municipios aledaños



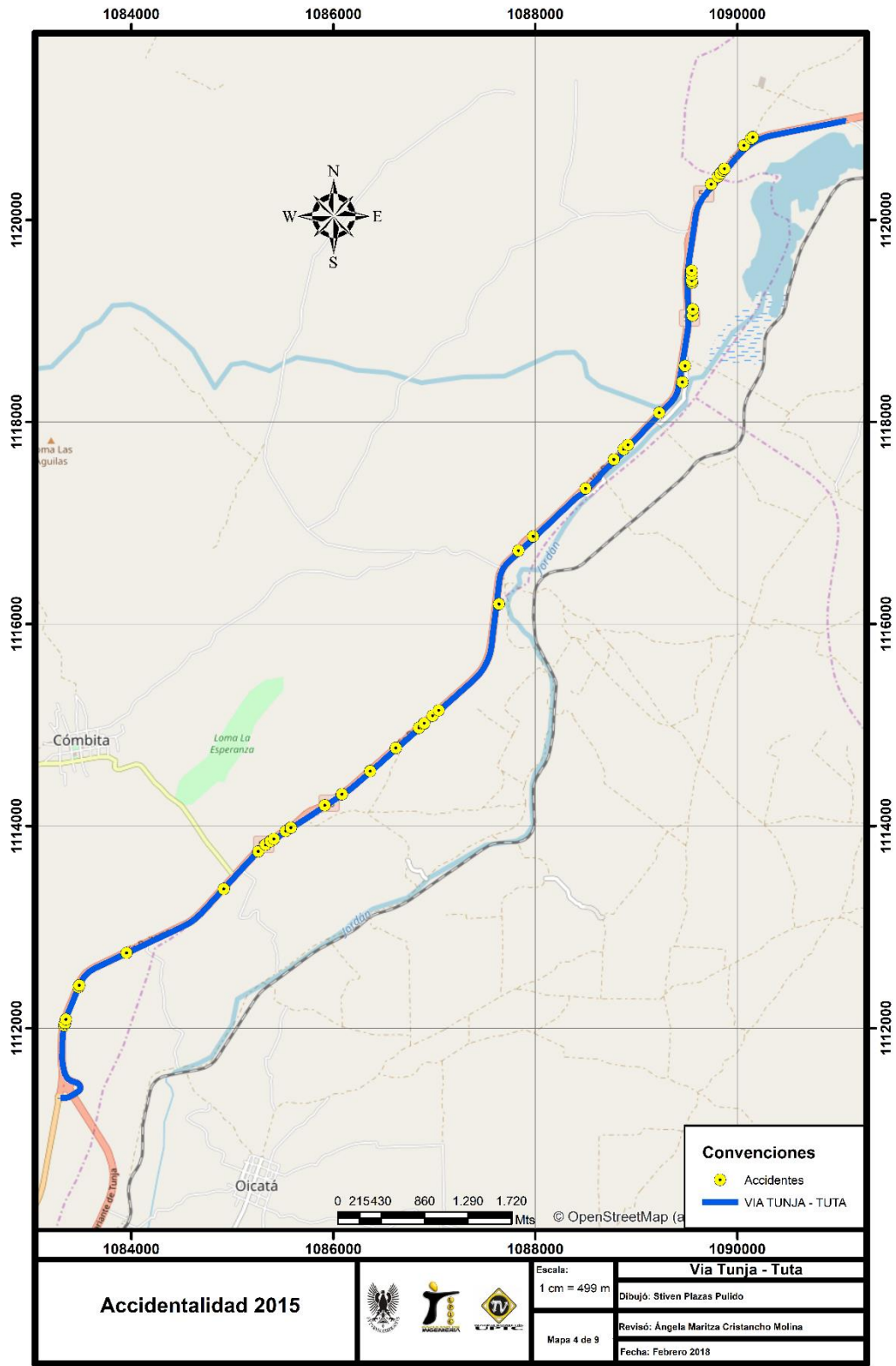
Fuente: elaboración propia

A.3 Accidentes 2014



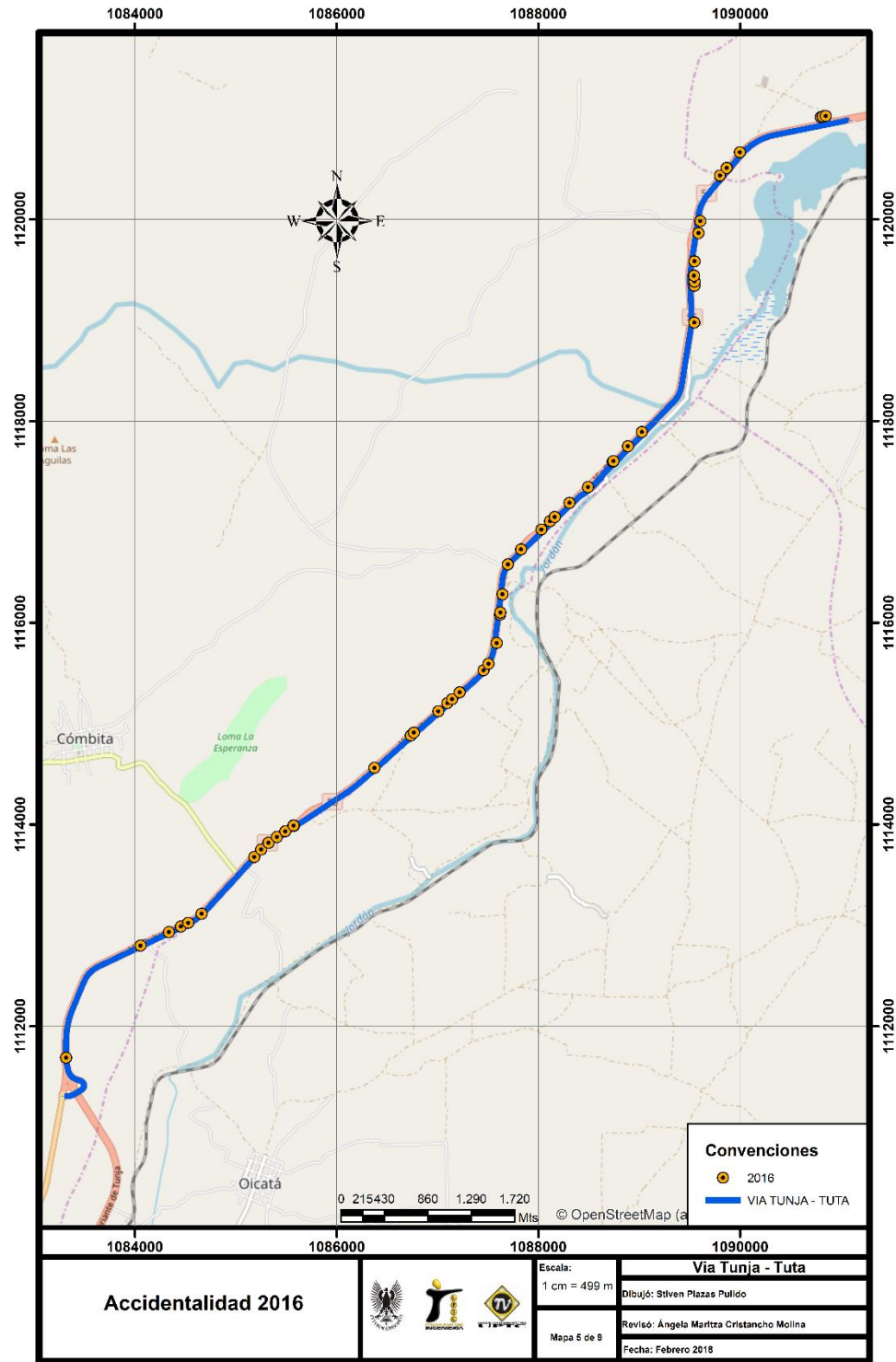
Fuente: elaboración propia

A.4 Accidentes 2015



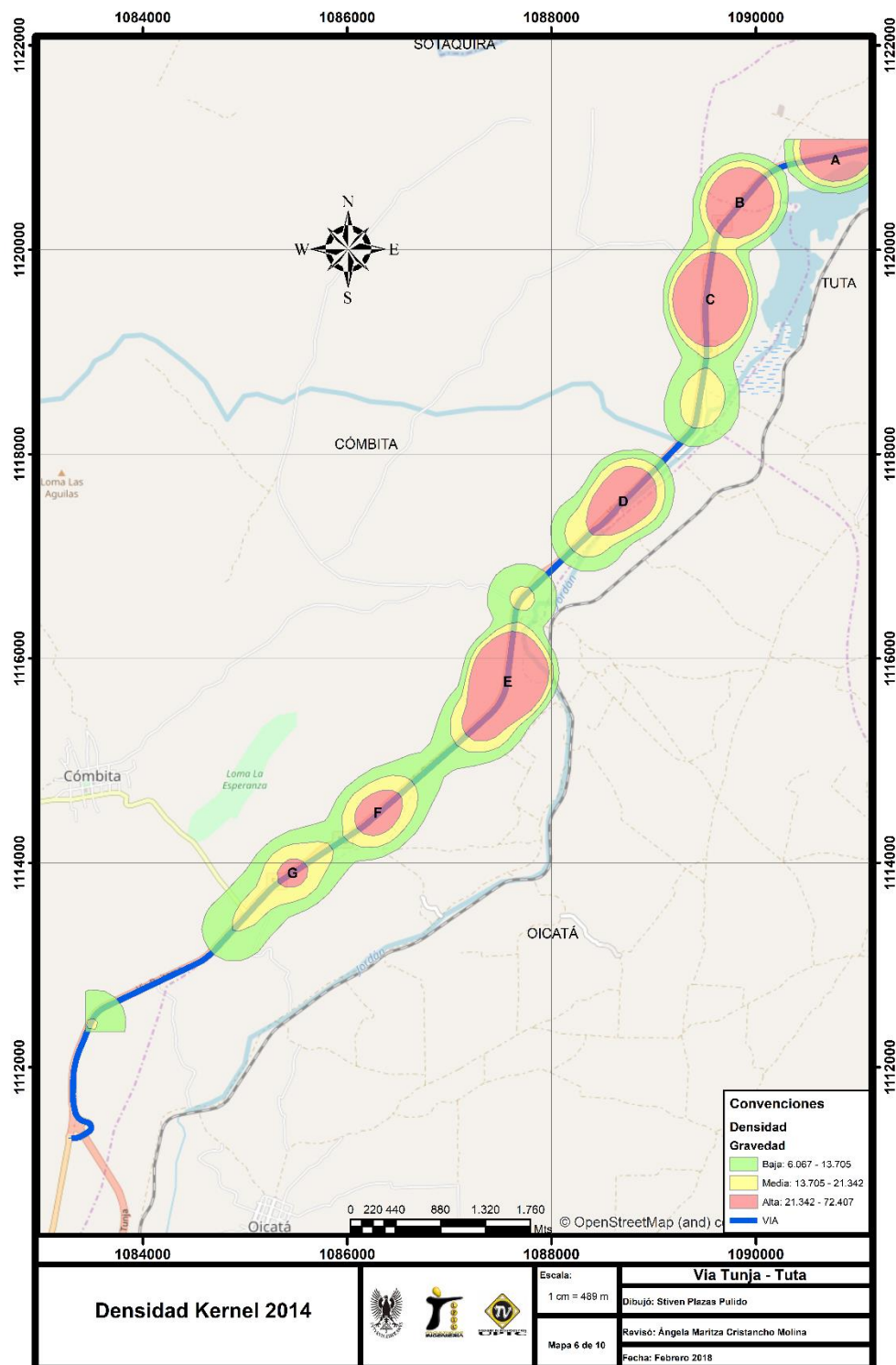
Fuente: elaboración propia

A.5 Accidentes 2016



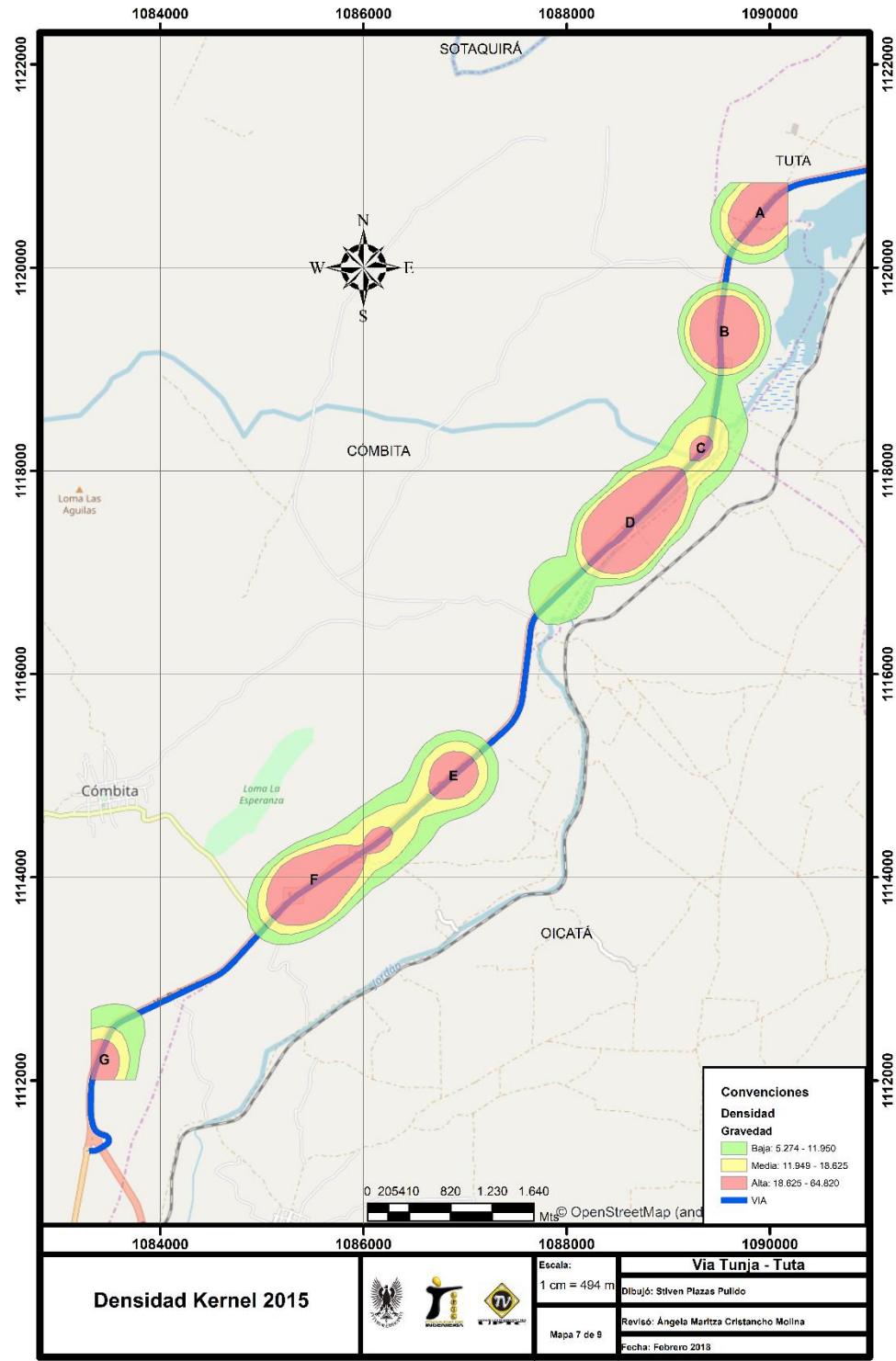
Fuente: elaboración propia

A.6 Densidad 2014



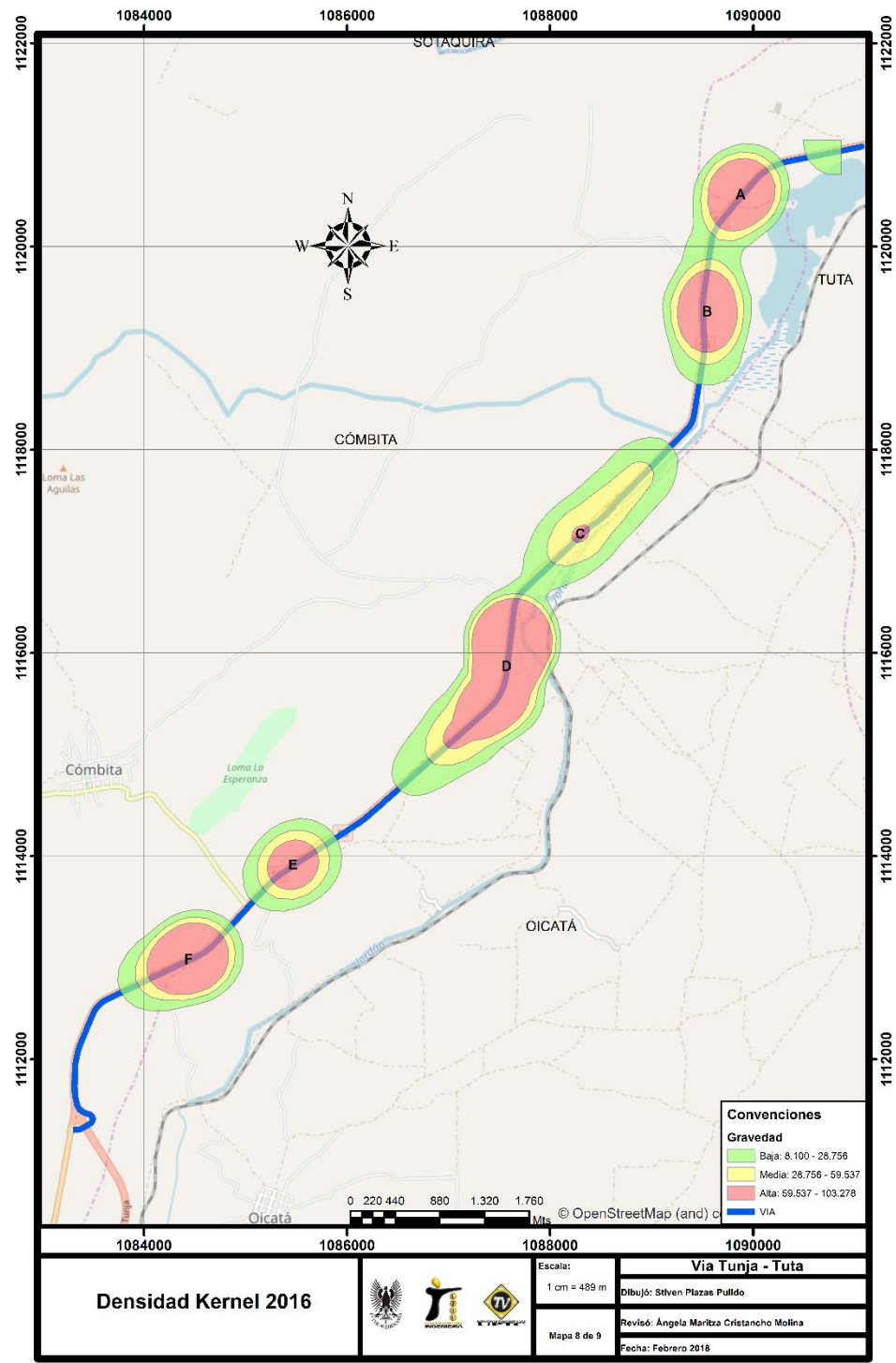
Fuente: elaboración propia

A.7 Densidad 2015



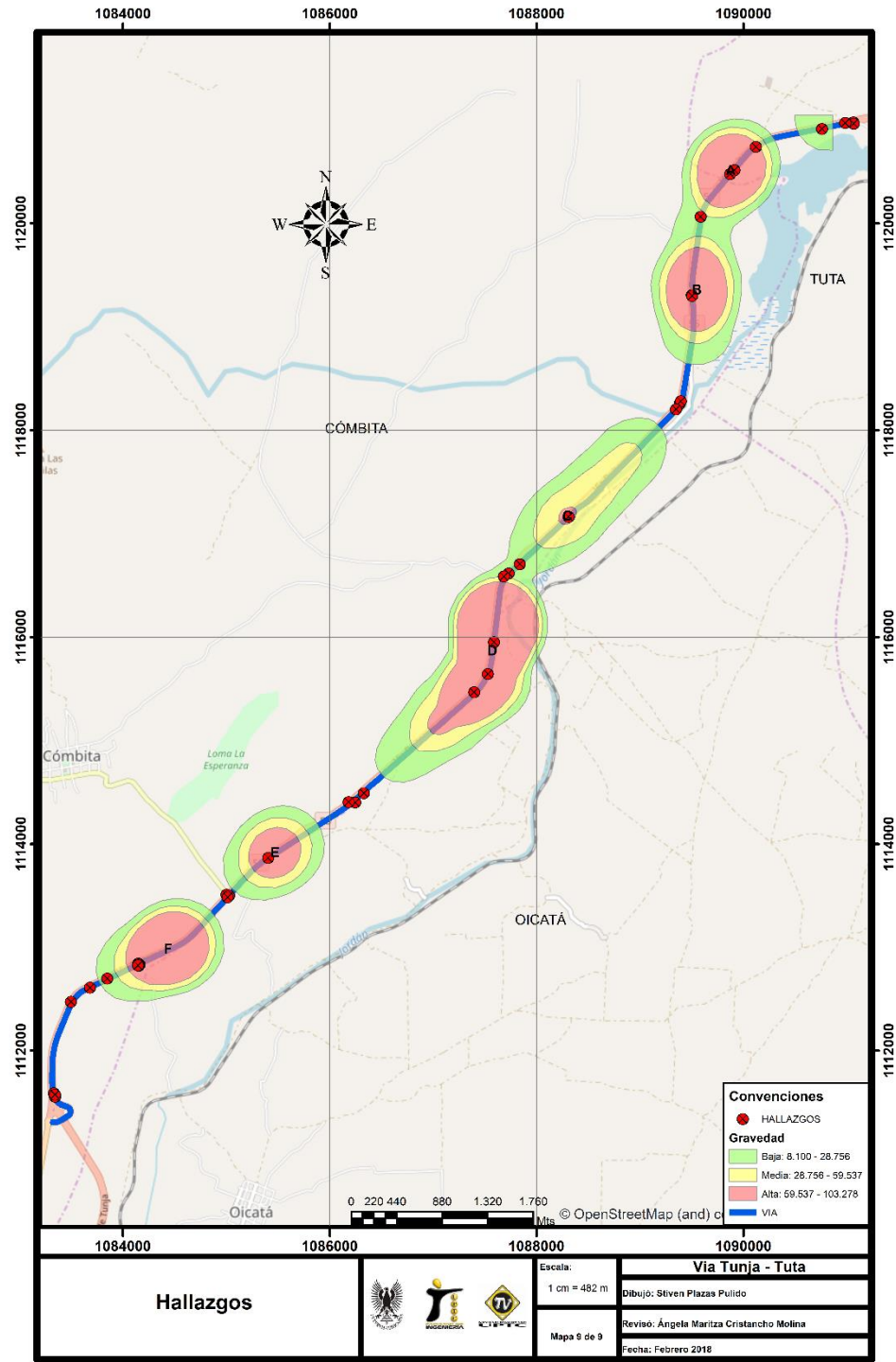
Fuente: elaboración propia

A.8 Densidad 2016



Fuente: elaboración propia

A.9 Hallazgos Accidentalidad



Fuente: elaboración propia

Anexo B. TOMA DE VELOCIDADES

Anexo C. LISTAS DE CHEQUEO

Anexo D. VIDEOS VISITA DE CAMPO

Anexo E. ENCUESTAS

Anexo F. BASE DE DATOS ACCIDENTALIDAD